



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de
Fluidos

**Ampliación de la planta de tratamiento de aguas
servidas totora de la ciudad de Ayacucho**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Walter Edwin SILVA RODRIGUEZ

ASESOR

Víctor Alfredo YZOCUPE CURAHUA

Lima, Perú

2008



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Silva, W. (2008). *Ampliación de la planta de tratamiento de aguas servidas totora de la ciudad de Ayacucho*. Monografía Técnica para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

DEDICATORIA

A mi madre, Emilia con todo mi amor,
por su sacrificio en dedicar toda una vida
a sus hijos y por ser la responsable de
culminar el objetivo de ser profesional.

Y por quien guardo una gratitud eterna.

A mi esposa zhintia, mi compañera,
amante y amiga, sin ella mis días serían
muy largos y la jornada muy triste, cada
minuto pasado a su lado es un regalo del
cielo, cada instante en su compañía es
una constatación de que ser feliz es
posible.

INDICE

AGRADECIMIENTO

RESUMEN.....	01
--------------	----

CONTENIDO

CAPITULO I	: Introducción.....	02
CAPITULO II	: Información General Del Proyecto.....	04
CAPITULO III	: Fundamento Teórico.....	12
CAPITULO IV	: Análisis y Planteamiento Técnico.....	27
CAPITULO V	: Diseño Del Filtro Percolador.....	35
CAPITULO VI	: Plan De Monitoreo De La P.T.A.S. Totorá.....	44
CAPITULO VII	: Conclusiones y Recomendaciones.....	52
CAPITULO VIII	: Bibliografía	54
CAPITULO IX	: Anexos	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 4.2.1	Caudales estimados en diferentes fases
Cuadro N° 4.2.2	Población y vivienda desagregado a nivel urbana y rural Censo 1993 y Censo 2005
Cuadro N° 4.2.3	Información demográfica
Cuadro N° 4.2.4	Verificación de los caudales de funcionamiento
Cuadro N° 4.2.5	Cargas orgánicas de diseño
Cuadro N° 4.3.1	Mediciones de DBO en Imhoff
Cuadro N° 4.3.2	Mediciones de DBO en biofiltros

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 2.1	Ubicación del área de estudio
Gráfico N° 2.5.2.1	Vista panorámica de la actual P.T.A.S. Totorá
Gráfico N° 2.5.2.2	Proceso unitario P.T.A.S. Totorá
Gráfico N° 2.5.2.3 y Gráfico N° 2.5.2.4	Esquema de funcionamiento P.T.A.S. Totorá
Gráfico N° 3.3.5.10.1	Esquema De Un Filtro Percolador
Gráfico 6.1	Esquema de Monitoreo

ANEXO N° 9.1: PLANOS

Esquema De Procesos Y Referencias Generales

Secciones

Planta Tipo Detalles, losa de soporte

Corte longitudinal típico

Detalles

ANEXO N° 9.2: Panel Fotográfico

Vista Panorámica de las unidades depurativas de la PTAS-Totorá,

ANEXO N° 9.3: Informe de Opinión Técnica de DIGESA

AGRADECIMIENTO

- A:** Mi Alma Mater, La Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y a cada uno de los excelentes docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos.
- Al:** MSc. Ing. Victor Yzocupe por su invaluable aporte como asesor en el desarrollo de la presente monografía.
- A:** La empresa SUPERCONCRETO DEL PERU S.A., en la persona del Ing° Jorge Pérez Godoy, por brindarme la oportunidad de afianzar y complementar mi formación académica profesional.
- A:** Mi familia que me brindó su apoyo incondicional para la realización de la presente monografía así como a todos aquellos que quiero, por su constancia y perseverancia.

INFORME N° 043 - 2000/DESAB
Proyecto de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Totorá

I. ANTECEDENTE

- Solicitud de consulta y opinión técnica del estudio de alternativas y variante de solución para la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas servidas de Totorá de la ciudad de Ayacucho, por la empresa consultora CES CONSULTING ENGINEERS SALZGITTER GMBH.

II. GENERALIDADES – DESCRIPCION

De acuerdo al estudio de factibilidad la alternativa favorecida tiene como criterio básico la utilización y optimización de la capacidad instalada de la planta de tratamiento actual considerando como tecnología de tratamiento y medidas a realizarse para el horizonte comprendido entre el 2000 al 2010.

Los indicadores establecidos para lograr el objetivo de tratamiento son:

- En el año 2010, el 75% de la población está conectada a la red de alcantarillado.
- La planta de tratamiento de aguas residuales reduce la carga de DBO₅ en por lo menos 90% en el promedio anual.
- El efluente de la planta de tratamiento llega a 30 mg/l DBO₅/l en el 80% de las muestras.

El sistema de tratamiento planteado no considera la reducción el coliformes fecales.

El sistema de tratamiento propuesto ha sido desarrollado para las siguientes condiciones:

Cuadro N° 1

Item	Año 2010	Año 2020
Población Total (hab)	208 282	278 215
Población Servida (hab)	156 212	222 572
Caudal diario (l/s)	442,97	618,25
Caudal medio horario (l/s)	537,46	697,39
Caudal pico (l/s)	769,49	989,21
Caudal mínimo (l/s)	274,05	435,25

Las alternativas analizadas en el presente estudio son detalladas en el Cuadro N° 2, siendo favorecida la alternativa N° 5.



MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
(DIGESA)

Cuadro N° 2
Alternativas De Mejoramiento De La Planta De Tratamiento
De Aguas Residuales De Totorá

Alternativas De Tratamiento	Area requerida Horizonte 2010 (ha)	Area Total Requerida Horizonte 2020 (ha)
T.P.A (RAFAs) seguidos de lagunas de estabilización facultativas.	25,6	36,9
T.P.A. (RAFAs) seguidos de lagunas aeradas y lagunas de maduración.	14,0	6,1
T.P.A (RAFAs) seguido de las lagunas facultativas 1 y 2 existentes y de lagunas aeradas en paralelo Complementado con lagunas de maduración tanto para las lagunas facultativas como de las aeradas.	16,6	21,9
T.P.A. (RAFAs) seguidos de las lagunas 1 y 2 existentes y de sistemas de lodos activados por aireación extendida en paralelo. Complementado con lagunas de maduración tanto para las lagunas facultativas como para los efluentes de lodos activados.	12,1	12,9
T.P. IMHOFF/RAFA seguidos de lagunas facultativas (1 y 2 existentes) y tratamiento primario IMHOFF seguido de biofiltros. Complementado con lagunas de maduración tanto para las lagunas facultativas como para los biofiltros.	11,96	12,90

La alternativa seleccionada considera los siguientes componentes en el sistema de tratamiento: (ver Flujograma)

1. Obra de evacuación de demasías.
2. Rejillas gruesas
Cámara de rejillas de limpieza automática. (2 rejillas para el año 2010 y una rejilla adicional para el año 2020).
3. Pretratamiento.
Compuesto por 6 sedimentadores tipo IMHOFF, considerando las dos unidades existentes, para la primera etapa, con dos unidades adicionales para el año 2020.
4. Disposición de lodos.
Los lodos provenientes de las unidades IMHOFF serán dispuestos en 12 unidades de lechos de secado de iguales dimensiones, considerando las 4 unidades existentes, para el horizonte del 2010. Para el año 2020 considera 6 unidades adicionales de las mismas dimensiones.
5. Tratamiento Biológico:
Compuesto por 4 filtros percoladores para la primera etapa y 2 adicionales para la segunda etapa. Considerando la recirculación solo para la segunda etapa la cual sería del 30% del caudal medio diario.



MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
(DIGESA)

6. Sedimentadores / Digestores.

El efluente de los filtros percoladores será conducido a cuatro sedimentadores naturales (2010).

Para la etapa de 2020 se ha considerado la inclusión de 6 sedimentadores secundarios con rascadores mecánicos, 3 digestores abiertos de lodos, quedando abierta la posibilidad de empleo de 2 prensas filtro banda para la deshidratación de lodos debido a las limitantes de área.

7. Lagunas:

Las lagunas existentes serán perfiladas y recibirán los efluentes provenientes de las unidades IMHOOF/RAFA.

Las lagunas de maduración N° 1 y N° 2 recibirán los efluentes provenientes de los filtros percoladores, previo paso por los sedimentadores naturales.

Finalmente los efluentes de las lagunas facultativas (existentes – perfiladas) y de las lagunas de maduración serán conducidos a una laguna de maduración N° 3.

III. PARAMETROS Y CONDICIONES DE DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

1. Condiciones Iniciales:

El estudio define como condiciones iniciales las siguientes características de agua residual a tratar.

Parámetros	2010	2020
Temperatura (°C)	15	15
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1x10 ⁸	4x10 ⁸
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	204.08	208.33
Demanda química de oxígeno (mg/l)	408.16	416.67

La calidad se ha establecido considerando una contribución percapita de DBO de 50 g/hab.día y una contribución de DQO de 100 g/hab.día.

2. Condiciones Finales

La alternativa seleccionada define como calidad del efluente del sistema de tratamiento las siguientes características.

Parámetros	2010	2020
Coliformes fecales	3,40x10 ⁵	9,1x10 ⁵
Demanda biológica de oxígeno	17 mg/l	17 mg/l



MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
(DIGESA)

3. Parámetros de diseño

a. Tanque Imhoff

Parámetro	Unidad
Período de retención (horas)	1,5
Tasa de aplicación superficial (m ² /m.h)	1,0
Volumen percapita de lodos (l/hab)	50
Remoción de carga orgánica (%)	25

b. Filtros Percoladores

Parámetro	Unidad
Carga orgánica (Kg DBO/m ³ .día)	0.4
Carga hidráulica superficial (m/h)	0.6
Factor de concentración (1/h)	20.0
Remoción de carga orgánica (%)	86

c. Lagunas facultativas (existentes)

Parámetro	Unidad
Carga superficial aplicada (Kg/ha.día)	196
Período de retención (días)	14
Remoción de carga orgánica (%)	88

d. Lagunas de maduración 1 y 2

Parámetro	Unidad
Tasa de decaimiento bacterial (1/d)	0,63
Tasa de decaimiento de la DBO (T 15°C)	0,08
Período de retención (días)	3

Recibe el efluente de las lagunas facultativas y de los filtros percoladores

e. Lagunas de maduración 3

Parámetro	Unidad
Período de retención (día)	1
Constante de decaimiento bacterial	0,63
Tasa de decaimiento de la DBO	0,08



MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
(DIGESA)

f. Lechos de secado

Parámetro	Unidad
Remoción de la materia sólida seca (%)	30
Tasa de aplicación (m/purga)	0,60
Tiempo de secado (días)	52

IV. DISPOSICION DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La estudio realizado para el mejoramiento de las condiciones de la planta de tratamiento de aguas residuales plantea el vertido del efluente al río Alameda; sin considerar ningún uso del mismo (descarta el uso de riego y considera un uso esporádico de las aguas del río en actividades de recreación).

Para el curso a donde se verterá el efluente se ha considerado las siguientes características:

Cuadro N° 3

	Río Alameda
Caudal de estiaje (l/s)	115
DBO (mg/l)	2
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	10

Las condiciones de calidad han sido fijadas teniendo en cuenta que las descargas aguas arriba de los ríos en estudio serán interceptadas, actualmente las condiciones son distintas a estas.

V. CONTEXTO SITUACIONAL Y MARCO LEGAL

A solicitud de la DIGESA, con oficio N° 0158-00-CTAR-AYAC/DRS la Dirección Regional de Salud de Ayacucho envió el informe de inspección ocular realizado al río Alameda. En el cual se detalla lo siguiente "En todo el Valle que recorre el río Alameda y toma el nombre de Totorá su utilización principal es la de riego de pequeños terrenos que se encuentran en ambos márgenes del mencionado río, siendo las hortalizas de tallos cortos los cultivos que más predominan en este valle". (ver croquis de ubicación de áreas de cultivo)

1. Administración del sistema

La administración del sistema de tratamiento, así como la responsabilidad de operación y mantenimiento del mismo estará a cargo de Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Ayacucho (EPS AYACUCHO S.A).



MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
(DIGESA)

2. Calidad del efluente

De considerarse como disposición final el vertido, la legislación involucrada corresponde a la Ley General de Aguas que establece los límites de calidad de acuerdo al tipo de uso del río, y por la cual se establece que los vertidos de aguas residuales tratadas no deberán afectar las condiciones de uso del río.

Dado que el río Alameda ha sido identificado como uso de riego, el efluente de la planta de tratamiento deberá ser tal que la calidad del río aguas debajo de la descarga cumpla con las siguientes condiciones de uso:

Parámetro	Unidad
DBO ₅ (mg/l)	15
Oxígeno disuelto (mg/l)	3
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	1000

De acuerdo a ello el efluente de la planta deberá cumplir con los siguientes requerimientos de calidad:

Parámetro	2010	2020
DBO ₅ (mg/l)	19,06	17,91
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	1,31 x 10 ³	1,22 x 10 ³

VI. CONCLUSIONES

1. La alternativa V (recomendada) como sistema de tratamiento mejora las condiciones actuales de la planta de Totorá
2. El río Alameda es un curso de agua con uso agrícola el cual es utilizado para el regadío de hortalizas y cultivos de tallo corto.
3. El sistema de tratamiento planteado deberá considerarse como proyecto integral al 2020 una calidad del efluente compatible con los usos del río Alameda.
4. Dado que de acuerdo al estudio presentado no existe otras áreas posibles para la implementación de un sistema de tratamiento que cumpla con las características de calidad requeridas para su vertido, deberá considerarse en la segunda etapa el desarrollo de un sistema que demande menores áreas.


ING. M. MILAGROS CADILLO L.T.

PANEL FOTOGRAFICO



PUNTO FINAL DEL EMISOR



REJILLA METALICA



REJILLA ESCALONADA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA



TORNILLO TRANSPORTADOR DEL MATERIAL DE DESBASTE



DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL





VISTA PANORAMICA DE TANQUES IMHOFF



TANQUE IMHOFF



LECHOS DE SECADO





FILTROS PERCOLADORES





LAGUNA DE MADURACIÓN 2



LAGUNA DE MADURACIÓN 3



LAGUNA FINAL



LABORATORIO FISICO QUIMICO Y BACTERIOLOGICO

“AMPLIACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS TOTORA DE LA CIUDAD DE AYACUCHO”

RESUMEN

Los fines de la operación de una planta de tratamiento son el reducir la carga polucionante de las aguas servidas entrantes a límites de calidad predeterminados que permitan la disposición adecuada de éstas en el cauce natural. Los residuos derivados del proceso de tratamiento tales como: sólidos separados en las rejillas (desbaste), arenas, lodos (Imhoffs y Filtros Percoladores), grasas y/o cualquier otro material flotante deberán ser retirados de la PTAS y dispuestos en un relleno sanitario.

Las unidades depurativas que se emplean para tratar las aguas residuales o servidas son muchas, hay de todo tipo, de toda clase y de todo costo.

El desarrollo de la presente trabajo, esta orientada a realizar un análisis técnico del funcionamiento depurativo de la actual planta de tratamiento, la misma que recientemente ha sido rehabilitada por la entidad prestadora de saneamiento (EPSASA) de Ayacucho. Como resultado de un incremento acelerado en la población de la ciudad de ayacucho, el diseño proyectado con un primer horizonte al año 2014, se evidencia y advierte una mayor carga orgánica al previsto para este año, por lo que se hace necesario ampliar las unidades depurativas en el presente periodo.

Dentro de los parámetros de partida, se demuestra que, a cinco años de su funcionamiento dicha planta a excedido su capacidad en cuanto al tratamiento de la carga orgánica, en su capacidad hidráulico esta funcionando por debajo de lo previsto para el 2020.

Dado el emplazamiento actual de la planta de tratamiento, esta nos limita a decidir entre adicionar un tanque IMHOFF o un FILTRO PERCOLADOR, de los datos experimentales obtenidos se ha concluido que es el filtro percolador quien posee mejor capacidad para remover mayor porcentaje de carga orgánica (80%), por lo que se plantea la ampliación de esta estructura.

Se presenta el diseño tentativo para que EPSASA pueda tomarla en consideración e implementarla a la actual planta de tratamiento de aguas servidas.

Así mismo se ha desarrollado las consideraciones conceptuales y la metodología a seguir para el diseño de un filtro percolador.

Dentro del desarrollo del presente trabajo se recomienda implementar un sistema de monitoreo permanente para lo cual se ha elaborado un plan de monitoreo según el grafico y los parámetros que se muestran en el capítulo correspondiente.

Finalmente, el presente trabajo monográfico es el resultado de un análisis in situ de problemas que afectan directamente a la salud de la población huamanguina y que corresponde a la EPSASA, corregir estas anomalías presentadas en la actualidad.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Hace cinco años (2004) que la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ayacucho S.A (EPSASA), a través del Financiamiento del Banco Alemán KfW, realizó el proyecto de mejoramiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas en la localidad de Totorá – Huamanga - Ayacucho, la cual ha sido proyectada para una vida útil de 20 años (hasta el 2024), diseñada para procesar 770 l/seg (hasta el 2014). Actualmente esta planta viene procesando 700 l/seg., de agua cruda residual.

En los terrenos de cultivo que se ubican en la parte baja de la Planta de Tratamiento de aguas Servidas de Totorá, se viene utilizando esta agua para regar las plantaciones de tallo corto: Lechuga, perejil, col, cebolla china, las mismas que son comercializadas en los mercados de la ciudad de Huamanga. La Dirección de Salud de Ayacucho, realizó un estudio bromatológico de hortalizas cuyos resultados conllevaron a concluir que las hortalizas no son aptos para consumo humano.

Las normas internacionales establecen que las aguas servidas tratadas, deben evacuar aguas con una concentración de 1000 coliformes por 100 ml, pero contrario a las normas la Planta Totorá viene arrojando 10,000 coliformes fecales por 100 ml, y altas concentraciones de nutrientes los cuales también perturban el ecosistema acuático o fuente receptor contaminando el río, el suelo, a los animales y al hombre. Ante tal situación es necesario un tratamiento adecuado del efluente y un análisis de los procesos unitarios de tratamiento que conforman el circuito de tratamiento actual, para mejorar la calidad y afianzar el uso y múltiples actividades, sin riesgo para la salud y con beneficio de la población aledaña.

Uno de los factores que influye en forma negativa en el medio ambiente es la descarga de las aguas residuales a los cuerpos de agua (Ríos), sin la obtención de los parámetros permisibles que establece la dirección general de salud ambiental (DIGESA); cuyos efectos atentan a la fauna, flora y salud. Esta situación es un problema a nivel nacional fundamentalmente en las ciudades que han experimentado un incremento poblacional extraordinario como resultado de la erradicación del terrorismo, la pacificación y estabilidad política gubernamental como es el caso de la ciudad de ayacucho.

El presente trabajo pretende destacar la importancia que tiene la ampliación de las unidades depurativas en la actual planta de tratamiento de aguas servidas totoras, así como proponer la ampliación de las unidades depurativas como resultado de un análisis in situ.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar un análisis del funcionamiento de las unidades depurativas de la actual planta de tratamiento de aguas servidas totora de la ciudad de ayacucho, proponer la ampliación con técnicas adecuadas para el cumplimiento de los objetivos para la cual fue diseñada la actual planta de tratamiento de aguas residuales domesticas antes de darle uso agrícola y ser vertida al cauce natural del río alameda.

1.2.2 Objetivo Específicos

- a) Determinar las condiciones en que son vertidas las aguas residuales al río Alameda, por la planta Totorá.
- b) Efectuar una evaluación de los procesos unitarios de tratamiento de la actual planta durante la fase de operación, obtener los parámetros reales con la cual vienen operando la PTAS-Totorá y los parámetros para la cual fueron diseñadas.
- c) Diseñar la estructura sanitaria adecuada que sirva de complemento a la actual planta de tratamiento de aguas servidas Totorá de la ciudad de ayacucho, a fin de alcanzar los requerimientos mínimos establecidos por la normatividad vigente y garantizar la calidad del cuerpo receptor y el aprovechamiento de los efluentes.
- d) Recomendar un plan de monitoreo o de rutina en que se consignan las mediciones, análisis y registros recomendados para este tipo de obras.

CAPITULO II

INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área que abarca el emplazamiento de las obras de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ayacucho es la siguiente, incluyendo su situación política:

Distritos : Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto y Las Nazarenas

Provincia : Huamanga

Departamento : Ayacucho

Región : Libertadores-Wari

y presenta la siguiente ubicación planialtimétrica (Véase Grafico N° 2.1):

Coordenada Norte: de 8,542.400 m a 8,543.200 m.

Coordenada Este: de 584.400 m a 586.400 m.

Altitud : de 2.750 msnm a 2.910 msnm.

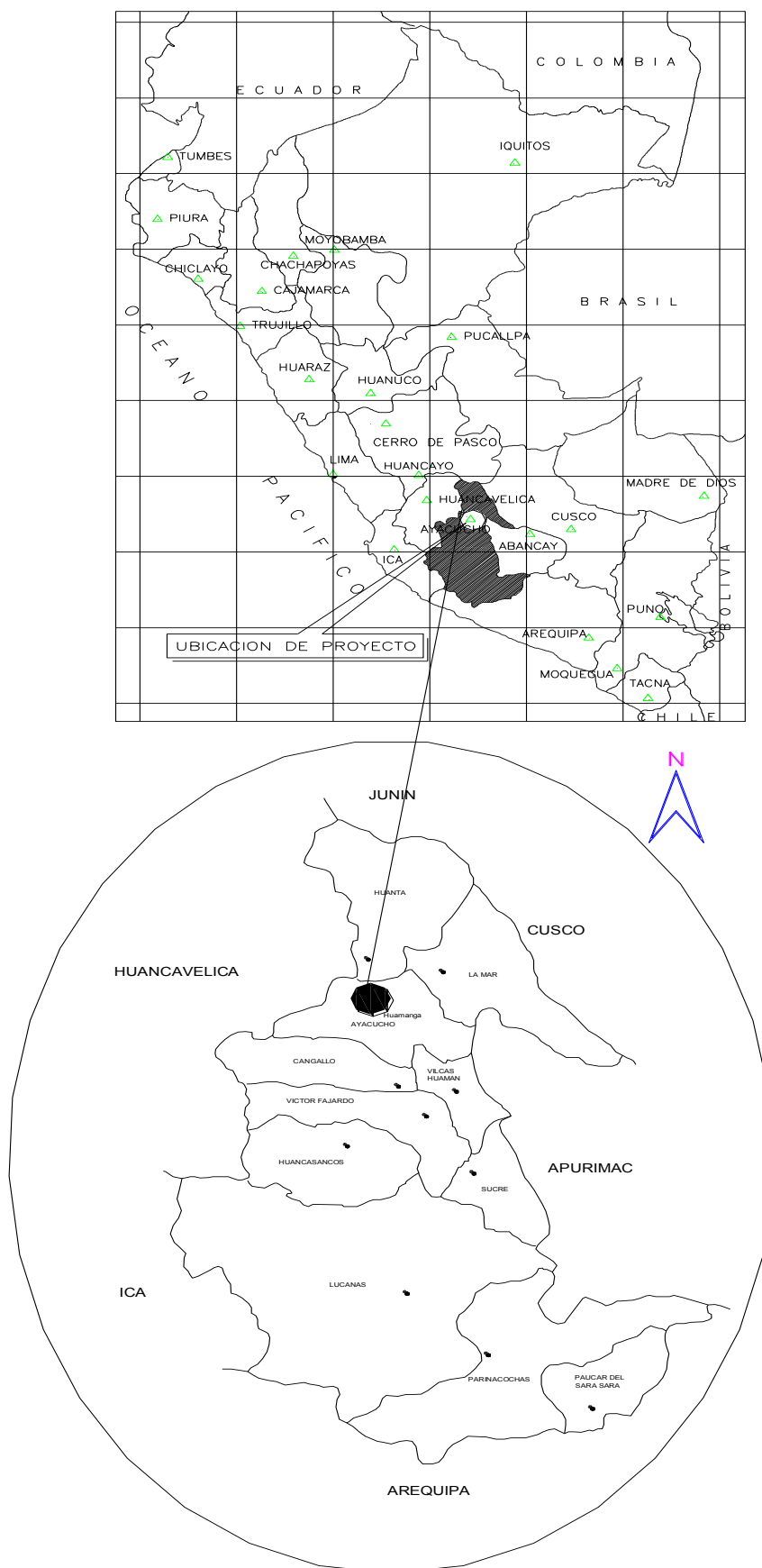
2.2 ACCESO AL ÁREA DEL PROYECTO

El acceso al área del proyecto se realiza desde Lima mediante la utilización de la carretera principal asfaltada Panamericana Sur hasta llegar al Distrito de San Clemente de Pischo, luego de un recorrido de 225 km; desde este punto y utilizando la carretera asfaltada denominada “Los Libertadores” se llega a Ayacucho luego de cruzar los centros poblados de Huaytará, Apacheta, Niñobamba, Jatumpampa y Huascaura con un recorrido aproximado de 330 km.

En total desde Lima hasta Ayacucho se efectúa un recorrido estimado de 555 km y un tiempo de viaje en camioneta de aproximado de 7 a 8 horas.

El acceso a la PTAS de Totorá se realiza utilizando la carretera asfaltada Ayacucho-Quinua a una distancia de 3 Km partiendo de la Plaza Mayor en la margen derecha.

Grafico N° 2.1
Ubicación Del Área De Estudio



2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO

El área del proyecto goza de un clima templado a cálido con una temperatura ambiental media anual del orden de 17° C, precipitación promedio multianual de 550 mm, valores extremos anuales promedios son de 260 mm para el mínimo y de 920 mm el máximo, humedad relativa media anual de 60% y valores de evaporación del total media anual de alrededor de 1.800 mm acorde a la información meteorológica registrada en la Estación Climatológica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) ubicada en el interior del campo universitario y que se puede considerar representativa para el área de interés.

El período seco tiene una duración de 7 a 8 meses y el lluvioso de 5 a 4 meses. El período lluvioso se extiende desde noviembre hasta marzo, registrándose las precipitaciones de mayor intensidad en los meses de diciembre a marzo.

Usualmente no se suceden heladas, sin embargo, las temperaturas extremas mínimas ocurren durante los meses de Mayo y Junio con valores hasta de alrededor de 2° C pero que no tienen mayores efectos significativos en los cultivos de tipo agrícola.

2.4 TOPOGRAFÍA

La ciudad es atravesada por el río Alameda que se alimenta fundamentalmente por las quebrada Yanaccacca, Accopampa y Totorilla. El río Alameda es afluente del río Huatatas.

El área donde se encuentra ubicada la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, es relativamente plana, con pendiente de oeste a este, hacia el río Alameda, del cual es limítrofe.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS EXISTENTES

2.5.1 Generalidades

El emplazamiento de la actual planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho, denominada Totorá, se encuentra ubicado al norte de la ciudad, a unos 3,50 km contados a partir del óvalo de la Magdalena siguiendo la carretera asfaltada que conduce a la ciudad de Huanta. El acceso tiene lugar desde la mencionada carretera por medio de un camino de herradura hasta alcanzar el actual portón de ingreso a la PTAS luego de aproximadamente 800 m de recorrido.

La planta se encuentra ubicada planimétricamente entre las siguientes coordenadas:

NORTE	585.654 E - 8 547.489 N
SUR	585.762 E – 8 546.611 N

ESTE 585.996 E – 8 547.037 N

OESTE 585.442 E – 8 547.220 N

Colinda hacia el Norte con la carretera Ayacucho-Huanta, hacia el Sur con el río Alameda, hacia el Este con varias chacras donde se cultiva la agricultura y ganadería y hacia el Oeste con una zona poblada caracterizada por casas unifamiliares con huertos y emplazadas a lo largo del camino de acceso sea directamente colindantes con la planta o al frente del mencionado camino.

La planta presenta una configuración topográfica accidentada en la que se distinguen dos plataformas separadas por un talud natural ubicado aproximadamente en la cota 2.625 msnm. La plataforma superior, en la que se ubican las principales obras, varía entre las cotas 2.638 msnm a 2.616 msnm. La plataforma inferior forma la margen izquierdo del río Alameda y varía desde la cota 2.606 msnm a la 2.617 msnm, cota esta última en las que se hallan ubicados los actuales lechos de secado.

2.5.2 Obras Existentes

La planta de tratamiento de aguas servidas de Totorá fue construida en 1.974 y rehabilitada el 2004. La planta recibe las aguas residuales recolectadas y transportadas por una red de alcantarillado sanitario que conduce hacia un emisor para su entrega y tratamiento en la PTAS.

El sistema actual cuenta con las siguientes unidades de tratamiento:

Tratamiento preliminar (mecánico ó pretratamiento):

- Desbaste: Rejillas de limpieza automática con tornillo transportador del material de desbaste.
- Desarenación: Desarenador de flujo horizontal.
- Medidor de caudales tipo Venturi Kafagui y repartidor de caudales

Tratamiento Primario

- Sedimentación primaria: Presedimentadores tipo Imhoff.

Tratamiento Secundario (biológico):

- Línea principal: Filtros percoladores con unidades respectivas de sedimentación secundaria.
- Línea secundaria: Lagunas facultativas.

Post tratamiento:

- Pulimento del efluente y reducción bacteriana: Lagunas de maduración y pulimento.

Tratamiento de lodos:

- Lodos primarios: Digestión en frío en tanques Imhoff y deshidratación en lechos de secado.
- Lodos secundarios: Digestión en frío y deshidratación en sedimentadores lagunares.

Gráfico N° 2.5.2.1

Vista Panorámica de La Actual PTAS-Totora



Gráfico N° 2.5.2.2
Procesos Unitarios PTAS-Totora

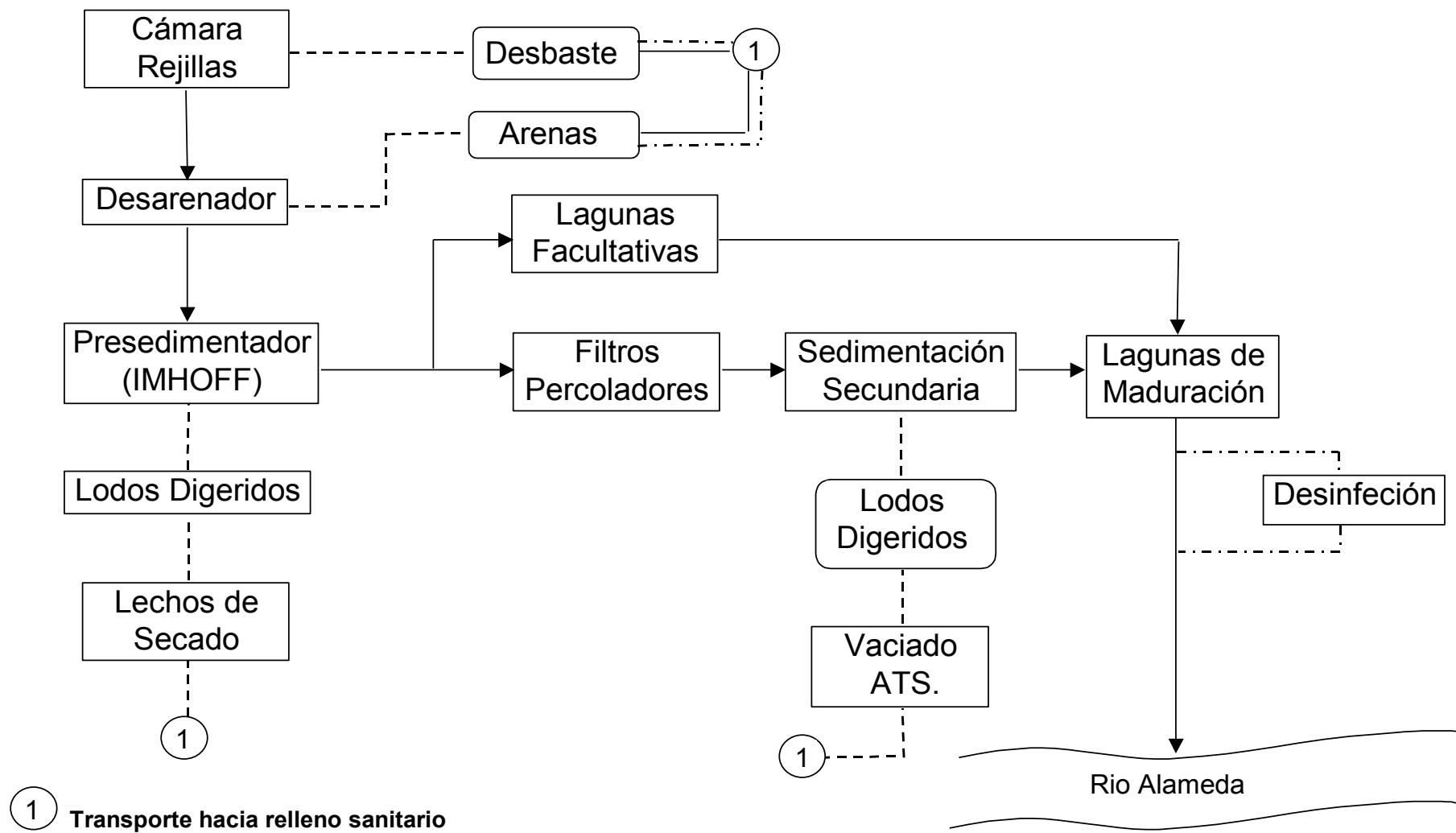


Gráfico N° 2.5.2.3
Esquema de Funcionamiento PTAS-Totora

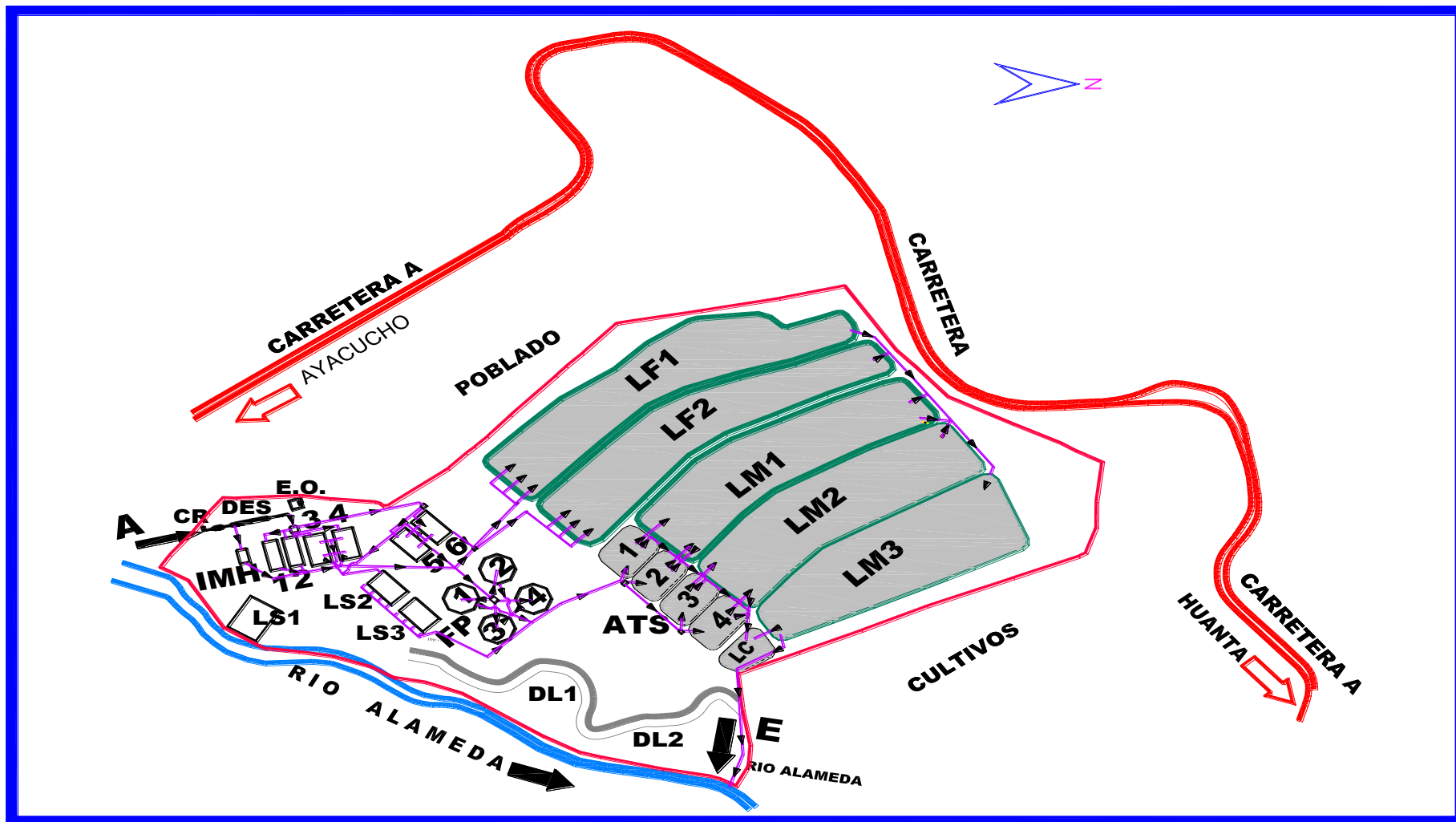
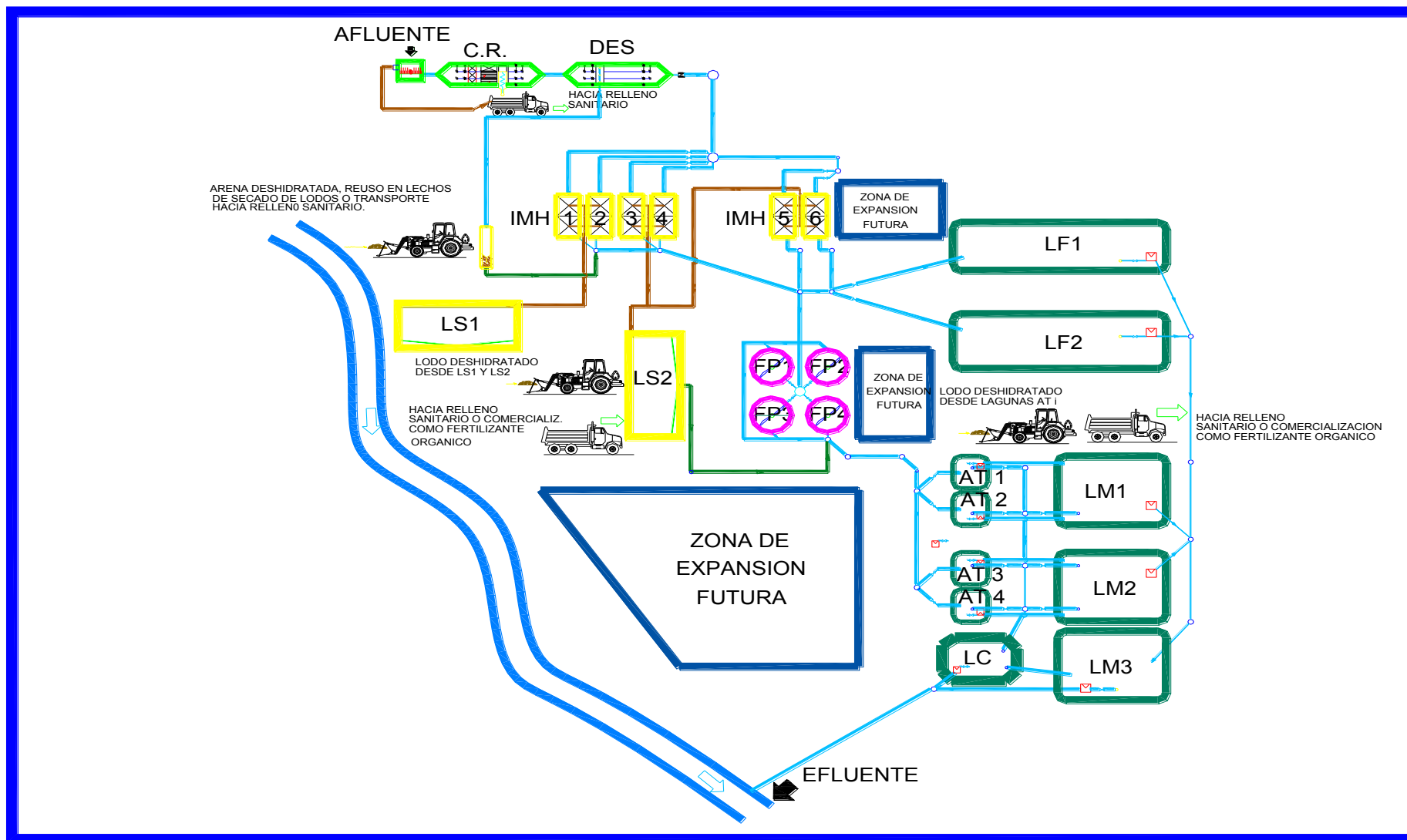


Gráfico N° 2.5.2.4
Esquema De Funcionamiento PTAS-Totora



CAPITULO III

FUNDAMENTO TEORICO

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Dado el evidente crecimiento poblacional de la ciudad de ayacucho (Según Censos de 1993 y del 2005), se advierte una mayor carga orgánica a ser tratada y al estudio bromatológico de La Dirección de Salud de Ayacucho, en la que concluye que los productos agrícolas provenientes de las zonas aledañas a la PTAS totora las mismas que utilizan los efluentes de la planta para riego agrícola, no son aptas para el consumo humano. Por lo que consideramos de vital importancia plantear la ampliación de algunas de las unidades depurativas para cumplir con el objetivo previsto hasta el 2014 y minimizar el impacto contaminante del efluente.

3.2 BASE LEGAL

- a. Constitución política del Perú.
- b. Ley N° 26338 Ley General de Servicios de Saneamiento y su Reglamento.
- c. Ley General de aguas, Ley N° 17752.
- d. Código del medio ambiente y los recursos naturales, Decreto Ley N° 613.
- e. Código Sanitario, Decreto Ley N° 17505.
- f. Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA (Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento)
- g. Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.3 ASPECTOS TEORICOS CONCEPTUALES

3.3.1 Contenido De materia Orgánica:

- **DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 Días**

Representa la porción biodegradable de la materia orgánica. Es una medida del oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para que se estabilice la materia orgánica en 5 días a 20 °C.

- **DQO: Demanda Química de Oxígeno**

Es una medida de la materia orgánica y representa la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica mediante agentes oxidantes fuertes ($K_2Cr_2O_7$) en medio ácido.

3.3.2 Aguas Servidas:

Bajo la terminología de aguas servidas o residuales se agrupan aguas de origen, doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico. Siendo las domésticas, resultado de las actividades cotidianas de las personas. **RODIER (1981)**.

El agua residual está conformada de 99.9 % de agua natural y un 0.1% de impurezas constituidas por gérmenes patógenos y sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas. El consumo de agua depende esencialmente de los hábitos y de las condiciones de vida. **CEPIS (1991).**

Las aguas residuales son tratadas para evitar la contaminación del cuerpo receptor que afecta la biodiversidad y la salud pública, cumplir con las disposiciones legales sanitarias vigentes y la preservación del medio ambiente saludable y por ende la reutilización de las aguas residuales en la agricultura, acuicultura y otros.

3.3.3 Composición De Las Aguas Servidas

3.3.3.1 Microbiológicos

La presencia de bacterias, virus protozoarios y nemátodos en las aguas residuales supone un problema importante para su uso agrícola estableciéndose la calidad bacteriológica a partir del número de coliformes fecales y de la presencia de bacterias patógenas como la Salmonella, Shigella y Cholera. No hay un consenso sobre el número máximo de coliformes permisible para el agua de riego. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud, establece que para el riego "*sin restricción*" (es decir, para cualquier tipo de cultivo) el agua no debe tener más de 100 coliformes fecales/100 ml **PESCOD (1992).**

En Israel, las aguas para regar cultivos que después se van a consumir crudos, deben tener menos de 12 coliformes fecales/100 ml mencionado por **BOUWER Y IDELOVITCH (1987).**

También existen microorganismos no patógenos los cuales descomponen la materia orgánica mediante procesos de hidrólisis, reducción y oxidación **CEPIS (1991).**

3.3.3.2 Elementos traza

El contenido de elementos traza en las aguas residuales suele ser más elevado que en las aguas normales. Concentraciones excesivas de algunos elementos como el boro, cobre, hierro y cinc, pueden presentar problemas de toxicidad para las plantas. Por ejemplo, concentraciones de boro superiores a 1 mg/l pueden ser perjudiciales para el riego de cítricos, melocotonero, ciruelo, vid, cebolla y fresa **PESCOD (1992).** Otros elementos traza como el cadmio, cobre, molibdeno, níquel y cinc pueden ser tóxicos para las personas y animales **PAGE et al. (1981).** En general, los aportes de metales con el agua de riego no suelen ser preocupantes, excepto en los casos en que estas aguas recojan los efluentes de industrias con altos contenidos de estos metales.

3.3.3.3 Nutrientes

Las aguas residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno que pueden suponer, por tanto, un beneficio para el agricultor. Sin embargo, hay que tener en

cuenta este aporte de nitrógeno en el plan de abonado del cultivo para evitar el exceso de nitrógeno en el suelo, ya que este exceso puede disminuir la producción y/o la calidad en cultivos como el algodón, el tomate para conserva, la remolacha, la patata, el melocotonero, el albaricoquero, el manzano y la vid **BOUWER Y IDELOVITCH**, (1987). Considerando que las aguas residuales pueden tener un contenido de nitrógeno de 20-40 mg/l, podemos estimar que un cultivo al que se aplica en el riego un total de 5000 m³/ha, recibe por tanto una dosis de nitrógeno de 100-200 kg/ha. Estas cantidades pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno del cultivo. Un problema adicional del aporte de nitrógeno por el agua residual es que la demanda de nitrógeno y de agua puede no coincidir en el tiempo: en la mayoría de los cultivos la demanda de nitrógeno es baja durante la fase inicial del cultivo, aumenta durante la fase de crecimiento y vuelve a ser baja en la fase final del cultivo, mientras que la demanda de agua aún puede ser alta en la fase en que la planta ha completado su desarrollo. El exceso de nitrógeno, además de ser perjudicial para las plantas, aumenta la lixiviación de nitrato y la contaminación de las aguas subterráneas y motiva la progresiva eutrofización de las aguas receptoras.

El aporte de fósforo por las aguas residuales es bastante inferior al de nitrógeno (aproximadamente una cuarta parte) pero conviene tenerlo en cuenta y disminuir el aporte de fósforo en el abonado.

3.3.3.4 Compuestos Orgánicos

Los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales urbanas suelen degradarse en el suelo. Además de los compuestos orgánicos fácilmente biodegradables que se añaden al agua en su uso doméstico, también existen muchos productos orgánicos de origen sintético, de los cuales unos se descomponen en el suelo bajo condiciones aeróbicas, otros en condiciones anaeróbicas y otros no se descomponen. La conclusión es que, sólo cuando las aguas residuales contienen compuestos orgánicos de origen industrial de difícil degradación como, por ejemplo, los hidrocarburos halogenados, se pueden presentar problemas de contaminación de las aguas subterráneas al regar con estas aguas, sobre todo si los suelos son arenosos, ya que el poder de retención de los compuestos orgánicos por estos suelos es bajo **BOUWER Y IDELOVITCH**. (1987).

3.3.3.5 Detergentes

La presencia de detergentes en las aguas residuales produce la aparición de espuma, sobre todo en las arquetas de riego, cuando las concentraciones de detergente son superiores a 0,5 mg/l. Esta espuma provoca un rechazo del agricultor al empleo de estas aguas para el riego. Es probable que los detergentes biodegradables no supongan ningún problema para los suelos ni los cultivos, pero hay poca información sobre este punto.

3.3.4 Principales Procesos De Tratamiento De Las Aguas Servidas.

El tratamiento de las aguas servidas es una combinación de operaciones físicas de procesos químicos y biológicos que remueven el material suspendido o disuelto de dichas aguas. Citado por **TEBBUTT 1997** y **METCALL Y EDDY (1998)**.

a.- Tratamiento Primario:

El tratamiento primario de las aguas servidas es un **proceso mecánico**, en este proceso las aguas reciben un tratamiento preliminar: Los materiales flotantes son removidos utilizando rejillas, desarenadores para la remoción de arena, sedimentación para la remoción de materiales sedimentables. El 40 – 60 % de los sólidos en suspensión se eliminan en este proceso. La actividad biológica no es particularmente importante en este proceso, aunque la materia orgánica disuelta y los lodos residuales pueden sufrir una digestión parcial si el tiempo de retención es largo. Los lodos se retiran en forma continua. Descrito por **ROMERO (1994)**.

Entre las operaciones que se utilizan en los tratamientos primarios de aguas servidas están: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización.

b.- Tratamiento Secundario:

Consiste en la biodegradación de la materia orgánica a través de la combinación de procesos anaerobios y aerobios para que se generen las bacterias responsables de realizar la descomposición y asimilación de los nutrientes provenientes del agua residual y consecuentemente la reducción de la contaminación (medida como DBO y DQO).

c.- Tratamiento Terciario:

Diseñada esencialmente para eliminar toda la DBO, el nitrógeno y el fósforo. El tratamiento terciario proporciona agua potable pero es un proceso caro, en este tratamiento se añade cloro al agua para matar o inhibir cualquier microorganismo, y oxidar sustancias productoras de olor. **TORTORA et al (1993)**.

Entre las operaciones que se utilizan en el tratamiento terciario de aguas contaminadas están:

- Microfiltración
- Adsorción por carbón activado
- Intercambio iónico
- Osmosis inversa
- Electrodialisis
- Remoción de nutrientes

- Cloración
- Ozonización.

d.- Lagunas de Oxidación:

Son construcciones poco profundas que normalmente recibe agua residual cruda y que la tratan con procesos de estabilización natural en condiciones climáticas adecuadas.

Una laguna de estabilización contiene algas y bacterias en suspensión. El oxígeno liberado por las algas a través del metabolismo fotosintético, es usado por las bacterias en la descomposición aeróbica de la materia orgánica. A la vez, los nutrientes y el dióxido de carbono producido por la actividad bacteriana son usados por las algas. **ROMERO** (1994). La Construcción de estas lagunas es barata y su operación es simple y se puede lograr buena remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos. La mayoría de estas lagunas se diseñan como un sistema continuo. **TEBBUTT** (1997). La combinación de la actividad bacteriana aeróbica y anaeróbica, da origen al tipo de lagunas más comunes en el tratamiento de aguas residuales conocidas como laguna de estabilización facultativa. Es común que la laguna facultativa tenga una profundidad de 1 a 2 metros y tiempo de retención de 5 a 30 días. Cuanto mayor es el tiempo de retención hay una remoción considerable de bacterias por respiración endógena y por sedimentación. Las bacterias y el fitoplancton son presa de los ciliados, los rotíferos y los crustáceos, es posible remover del 70 al 85 % de DBO, aunque las algas en el efluente pueden afectar estos valores en forma significativa. **ROMERO** (1994).

Entre el tratamiento primario y secundario de las aguas eliminan cerca del 90 % de los sólidos en suspensión y cerca del 90 % de la materia orgánica (90 % de la demanda bioquímica de oxígeno).

e.- Proceso de cloración:

El método de cloración es el más utilizado, pero como el cloro reacciona con la materia orgánica en las aguas de desecho y en el agua superficial produce pequeñas cantidades de hidrocarburos cancerígenos. Otros desinfectantes como el ozono, el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) y luz ultravioleta empiezan a ser empleados en algunos lugares, pero son más costosos que el de cloración.

El proceso más utilizado para la desinfección del agua es la cloración porque se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato. El cloro proporciona al agua sabor desagradable en concentraciones mayores de 0.2 ppm aunque elimina otros sabores y olores desagradables que le proporcionan diferentes materiales que se encuentran en el agua.

Aunque el cloro elemental o en forma atómica se puede usar para la desinfección del agua, son más utilizados algunos de los compuestos de cloro como el ácido hipocloroso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el peróxido de cloro.

3.3.5 Filtros Percoladores



El concepto del filtro percolador nació del uso de los filtros de contacto, que eran estanques impermeables rellenos con piedra machacada. En su funcionamiento, el lecho de contacto se llenaba con el agua residual desde la parte superior y se dejaba que se pusiese en contacto con el medio durante un corto período de tiempo. El lecho se vaciaba a continuación y se le permitía que reposase antes de que se repitiese el ciclo. Un ciclo típico exigía 12 horas de las cuales había 6 horas de reposo. Las limitaciones del filtro de contacto incluyen una posibilidad relativamente alta de obturaciones, el prolongado período de tiempo de reposos necesario, y la carga relativamente baja que podía utilizarse.

En el filtro percolador el agua residual es roseada sobre la piedra y se deja que se filtre a través del lecho, este filtro consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que los microorganismos se adhieren y a través del cual se filtra el agua residual. El tamaño de las piedras de que consta el medio filtrante está entre 2.5 – 10cm de diámetro, la profundidad de estas varía de acuerdo al diseño particular, generalmente de 0.9 – 2.4m con un promedio de profundidad de 1.8m. Ciertos filtros percoladores usan medios filtrantes plásticos con profundidades de 9 – 12m. Actualmente el lecho del filtro es circular y el residuo líquido se distribuye por encima del lecho mediante un distribuidor giratorio, antes el lecho era rectangular y el agua residual se distribuía mediante boquillas rociadoras fijas cada uno de los filtros posee un sistema de desagüe inferior el cual recoge el agua tratada y los sólidos biológicos que se han separado del medio, este sistema de desagüe es importante tanto como instalación de recogida como por su estructura porosa a través de la que el aire puede circular.

La materia orgánica que se halla presente en le agua residual es degradada por la población de microorganismos adherida al medio, esta materia es absorbida sobre una capa viscosa (película biológica), en cuyas capas externas es degradada por los

microorganismos aerobios, a medida que los microorganismos crecen el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que pueda penetrar todo el espesor de la película, por lo que se establece un medio ambiente anaerobio, cerca de la superficie del medio, conforme esto ocurre la materia orgánica absorbida es metabolizada antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante. Como resultado de no disponer de una fuente orgánica externa de carbón celular, los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante se hallan en la fase endógena de crecimiento, en la que pierden la capacidad de adherirse a la superficie del medio. En estas condiciones el líquido a su paso a través del medio filtrante arrastra la película y comienza el crecimiento de una nueva, esta pérdida de la película es función de la carga hidráulica y orgánica del filtro, donde la carga hidráulica origina las velocidades de arrastre y la orgánica influye en las velocidades del metabolismo de la película biológica, en base a estas cargas hidráulica y orgánica los filtros pueden dividirse en dos tipos: de baja y alta carga.

La comunidad biológica presente en un filtro se compone principalmente de protistas, incluyendo bacterias facultativas, aerobias y anaerobias, hongos, algas y protozoos. Suelen también encontrarse algunos animales superiores como gusanos, larvas de insectos y caracoles.

Los microorganismos predominantes en el filtro percolador son las bacterias facultativas, las que con las bacterias anaerobias y aerobias, descomponen la materia orgánica del agua residual, los hongos son los causantes de la estabilización del agua residual, pero su contribución es importante solo a un pH bajo o con ciertas aguas residuales industriales, las algas crecen únicamente en las capas superiores del filtro a donde llega la luz solar, esta es la razón por la que las algas no toman parte directa en la degradación de residuos, pero durante el día añaden oxígeno al agua residual que se está filtrando, sin embargo, desde el punto de vista operacional las algas pueden causar el taponamiento de la superficie del filtro por lo que se consideran un estorbo. De los protozoos que se encuentran en el filtro los del grupo ciliata son los predominantes su función no es estabilizar el agua residual sino controlar la población bacteriana. Los animales superiores se alimentan de las capas biológicas del filtro, ayudando así a mantener la población bacteriana en estado de gran crecimiento o rápida utilización del alimento.

Las poblaciones individuales de la comunidad biológica sufrirán variaciones en toda la profundidad del filtro en función de los cambios en la carga orgánica hidráulica, composición del agua residual afluente, disponibilidad del aire, temperatura, pH y otros.

La instalación de sedimentación es muy importante en el proceso del filtro percolador, pues es necesaria para eliminar los sólidos suspendidos que se desprenden durante los períodos de descarga en los filtros, si se utiliza recirculación una parte de estos sólidos sedimentados podría ser reciclado y el resto debe

desecharse, pero la recirculación de los sólidos sedimentados no es tan importante en este proceso, la mayoría de los microorganismos se adhieren al medio filtrante, la recirculación podría ayudar a la inoculación del filtro, sin embargo, los objetivos principales de ésta son disminuir las aguas residuales ya hacer que el efluente del filtro se ponga en contacto de nuevo con la población para el tratamiento adicional, la recirculación casi siempre forma parte de los sistemas de filtros percoladores de alta carga.

3.3.5.1 Clasificación De Filtros Percoladores

Los filtros percoladores se clasifican, según su carga hidráulica y su carga orgánica en dos tipos:

a.- Filtro de alta carga.

b.- Filtro de baja carga

a.- Filtro De Baja Carga

Es un dispositivo relativamente sencillo y de funcionamiento sumamente seguro, que produce una cantidad estable de efluente, sin perjuicio de que el efluente sea de naturaleza cambiante. Predomina en él una gran población de bacterias nitrificantes, por lo que el efluente es pobre en amoníaco y rico en nitritos y nitratos, La pérdida de carga a través del filtro puede ser 1.5 – 3m, lo que puede ser un impedimento si el terreno es demasiado plano para permitir la circulación por gravedad. Con una pendiente favorable, la posibilidad de utilizar la circulación por gravedad es una ventaja. Sin embargo, los filtros de este tipo también tienen algunos inconvenientes. Los olores son un problema frecuente, especialmente si el agua residual es poco reciente o séptica o si el tiempo es cálido. Los filtros no deberán colocarse en donde los olores puedan causar problemas. Las moscas (psychoda) se desarrollarán en los filtros, a menos que se tomen medidas de precaución para su control.

b.- Filtro De Alta Carga

La recirculación del efluente final o efluente del filtro permite la aplicación de mayores cargas orgánicas. La recirculación del efluente desde el clarificador del filtro percolador permite que este tipo de filtro alcance la misma eficiencia de eliminación que los filtros normales o de baja carga. La recirculación del efluente alrededor del filtro da como resultado el retorno de organismos viables. Se ha observado que éste método de operación mejora, con frecuencia, la eficiencia del tratamiento. La recirculación evita la obstrucción del filtro y reduce los problemas derivados del olor y las moscas.

3.3.5.2 Consideraciones Sobre El Diseño Del Proceso

Al diseñar filtros percoladores, se debe considerar tanto las cargas orgánicas como las hidráulicas, así como el grado requerido de purificación.

La fórmula de **Velz** relaciona la eficiencia de tratamiento con la profundidad del medio de

$$\frac{L_D}{L} = 10^{-3.3KD} \quad \text{Ec. 3.3.5-1}$$

Donde: $L = \text{DBO}_L$, aplicada que es eliminable, no por encima de $0.90L_0$, siendo L_0 la DBO aplicada.

L_D = fracción del a DBO_L que permanece a la profundidad D

K = tasa de eliminación (0.715 para filtros de baja carga, 0.15 para filtros de alta carga)

D = profundidad, en m

Cuando se use recirculación, la DBO_a aplicada se calcula mediante la ecuación que sigue:

$$L_a = \frac{L_0 + RL_e}{1 + R} \quad \text{Ec. 3.3.5-2}$$

Donde: $L_\infty = \text{DBO}_L$ aplicada a tras dilución por recirculación.

$L_0 = \text{DBO}_L$ de agua residual sin tratar

$L_e = \text{DBO}_L$ del efluente

R = relación de recirculación Q_r / Q

Las ecuaciones para el rendimiento de filtros percoladores son expresiones empíricas desarrolladas en base a un estudio exhaustivo de los registros de funcionamientos de plantas con dichos filtros. Las fórmulas son aplicables a sistemas de fase única y de múltiples fases, con distintos factores de recirculación, la ecuación para un filtro de una sola fase o para la primera fase de una serie será:

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0.443\sqrt{WV/F}} \quad \text{Ec. 3.3.5-3}$$

Donde: E_1 = eficiencia de la eliminación DBO para el proceso, incluyendo recirculación y sedimentación

W = carga de DBO al filtro, en Kg/día

V = volumen del medio filtrante en m^3

F = factor de recirculación

El factor de recirculación se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2} \quad \text{Ec. 3.3.5-4}$$

El factor de recirculación representa el promedio de pasadas de la materia orgánica afluente a través del filtro. El término $R/10$ tiene en cuenta la observación experimental de que la facilidad de eliminación de la materia orgánica parece decrecer cuando aumenta el número de pasadas.

Para un filtro de segunda fase la ecuación será:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.443}{1 - E_1} \sqrt{\frac{W'}{VF}}} \quad \text{Ec. 3.3.5-5}$$

Donde: E_2 = eficiencia de la eliminación de DBO para un proceso de filtración de segunda fase, incluyendo recirculación y sedimentación.

W' = carga de DBO al filtro de segunda fase, Kg/día.

3.3.5.3 Diseño De Las Instalaciones

Los factores a considerar en el diseño de filtros percoladores son:

1. Tipo y características de alimentación del sistema de distribución.
2. Tipo de medio filtrante a utilizar.
3. Configuración del sistema de drenaje inferior.
4. Provisión de la ventilación adecuada, bien por corriente de aire natural de aire o forzada.
5. Diseño de los depósitos de sedimentación requeridos.

3.3.5.4 Sistemas De Distribución

El distribuidor rotativo en filtro percolador se ha convertido en un elemento estándar del proceso por su fiabilidad y facilidad en el mantenimiento. Este consiste en dos o más brazos montados sobre un pivote en el centro del filtro que giran en el plano horizontal, los brazos son huecos y tiene boquillas por las que se

descarga residual sobre el lecho del filtro, el distribuidor puede ser impulsado por un motor eléctrico o por la reacción dinámica del agua residual que descarga por las boquillas. La velocidad de giro variará con el caudal en la unidad accionada por reacción, pero deberá ser del orden de una vuelta cada 10min, o menor en un distribuidor de dos brazos, la distancia entre el fondo del brazo del distribuidor y la parte superior del lecho deberá ser de 15 – 22cm, esto permitirá que el agua residual salga de las boquillas, se extienda y cubra de forma uniforme todo el lecho, evitando así que en época de heladas el hielo acumulado interfiera con el movimiento del distribuidor.

Los brazos del distribuidor de sección transversal constante en las unidades pequeñas o de sección decreciente para una velocidad mínima de transporte, las boquillas deberán ser espaciadas de forma irregular, para así conseguir más flujo por unidad de longitud cerca de la periferia que en el centro, el flujo por unidad de longitud deberá ser proporcional a la distancia del centro del filtro para obtener una distribución uniforme sobre toda la superficie del filtro. La pérdida de carga a través del distribuidor es del orden de 0.6 – 1.5m. Los distribuidores se fabrican para lechos con diámetros de hasta 60m.

Las características más importantes que se debe tener en cuenta al elegir un distribuidor son:

- Robustez de construcción.
- Facilidad de limpieza.
- Capacidad de manejar grandes variaciones de caudal manteniendo la adecuada velocidad de giro.
- Resistencia a la corrosión.

Se puede usar tanques de alimentación de operación intermitente o recirculación para así asegurar que el caudal mínimo será suficiente para hacer girar el distribuidor y descargar el agua residual por las boquillas, puede instalarse distribuidores de 4 brazos con sistemas de vertedero que limita el caudal a dos brazos durante dos caudales mínimos.

3.3.5.5 Medios Filtrantes

Un material de elevada área superficial por unidad de volumen, que sea económico y duradero y que no se obstruya fácilmente es el medio filtrante ideal. El material más aconsejable suele ser grava o piedra triturada clasificada por tamaño uniforme, generalmente 2.5 – 7.5cm, la roca volcánica es también conveniente, también se usa materiales tales como escoria, cenizas o antracita, piedras de diámetro inferior a 2.5cm no son aconsejadas, pues el espacio de poros entre las piedras que permiten la libre fluencia del agua residual y los sólidos arrastrados serán insuficientes y darán, como resultado la obstrucción del medio y el estancamiento de agua dentro del filtro o en la superficie, si las piedras tienen un diámetro grande se evita el problema de la obstrucción pero al tener un área

superficial relativamente pequeña por unidad de volumen, no pueden soportar una población biológica grande; por esas causas la uniformidad del tamaño es un modo de asegurar el espacio adecuado de los poros. Las especificaciones dentro de una gama de tamaño de 2.5 – 7.5cm son por lo general, más restrictivas, como por ejemplo las de 2.5 – 5cm, o 3.15 – 7cm.

Una de las características más importantes de un medio filtrante es su resistencia y durabilidad, esta última puede determinarse mediante un ensayo de sulfato de sodio el que se usa para probar la consistencia de los agregados de hormigón.

Medios sintéticos para el tratamiento de residuos industriales fuertes se han utilizado con éxito recientemente, estos consisten en láminas de plástico entrelazadas dispuestos como un panal de miel para producir unos medios sumamente porosos y antiobstrucción, este tipo de medio filtrante puede ajustarse a cualquier configuración de filtro, se pueden construir filtros de hasta 6m de profundidad. La elevada capacidad hidráulica y resistencia a obstrucciones de estos medios sintéticos se aprovechan mejor en un filtro de alta carga.

3.3.5.6 Drenaje Inferior

El sistema de recogida recibe el agua residual filtrada y los sólidos descargado del medio filtrante y los lleva a un conducto que se prolonga hasta el tanque de sedimentación final, el sistema está compuesto de la solera del filtro del canal de recogida y de los drenes inferiores. Los drenes inferiores están compuestos de bloques de arcilla vitrificada, con las partes superiores granuladas que admiten agua residual y soportan el medio filtrante, el cuerpo del bloque consta de dos o tres canales con las partes inferiores curvadas, las que forman los canales de drenaje inferior cuando se extienden de lado a lado y cubren toda la solera del filtro.

Los drenes se colocan directamente sobre la solera del filtro, que tiene una pendiente de 1 a 2% hacia el canal colector con el fin de facilitar la inspección, y evitar las obstrucciones, los drenes pueden estar abiertos en ambos extremos, los drenes se limpian con una descarga de agua. Otra función de las drenes inferiores es ventilar el filtro, proporcionando así aire para los microorganismo que viven en la película biológica de este y deberán estar abiertos al menos a un canal periférico para la ventilación de la pared así como al canal colector central.

3.3.5.7 Ventilación

La ventilación normal tiene lugar por gravedad dentro del filtro, al existir generalmente una diferencia de temperatura entre el agua residual y el medio ambiente habrá un proceso de intercambio de calor dentro del lecho del filtro, el cambio de temperatura del aire dentro del filtro provoca un cambio de densidad y así se establece una corriente de convección, la dirección del flujo depende de las temperaturas relativas del aire y del agua residual, si la temperatura del aire es

mayor que la del agua residual el flujo de aire a través del filtro será descendente, si el aire está más frío que le agua, el flujo de aire será ascendente.

La ventilación natural a resultado ser eficaz para los filtros percoladores, siempre que se tomen las siguientes precauciones:

- Los drenes inferiores y canales de recogida deben diseñarse para que fluyan llenos solamente hasta la mitad de su altura, proporcionando así paso al aire.
- En ambos extremos del canal central de recogida se instalarán cámaras de registro para la ventilación, provistas de tapas de rejilla abierta.
- Los filtros de gran diámetro deberán tener canales colectores secundarios con orificios o chimeneas de ventilación situados cerca dela periferia del filtro.
- La zona abierta de las ranuras, en la parte superior de los bloques de los drenes inferiores, no será inferior al 15% del área del filtro.
- Por cada 25m² del área del filtro deberá proporcionarse un área total de 0.1m² de rejilla abierta en las cámaras y chimeneas de ventilación.

En el caso de filtros extremadamente profundos o sumamente cargados es recomendable la ventilación forzada si se proyecta, instala y hace funcionar adecuadamente. Con el fin de evitar la congelación, en épocas de temperatura muy baja conviene limitar el flujo de aire a través del filtro, la cantidad de aire requerida por un filtro es de 0.03m³/min*m² de área del filtro.

Los filtros se diseñan de tal forma que todo el medio filtrante pueda inundarse con agua residual y, a continuación, desaguarse sin provocar rebosamiento. La inundación es un método eficaz de lavar el filtro, corregir el estancamiento y controlar la acumulación de las larvas de moscas en el filtro.

3.3.5.9 Tanques De Sedimentación

Su función es producir un efluente clarificado, todo le fango existente en los tanques de sedimentación de los filtro percoladores es extraído y enviado a las instalaciones de tratamientos de fangos, en el diseño de estos tanques la carga de superficie se basa en le caudal de planta más el de recirculación menos el flujo de sólidos hacia el fondo del tanque, el que con frecuencia es ignorado, la carga superficial a caudal punta no debe exceder los 48m³/día*m².

3.3.5.10 Metodología Del Diseño

1. Calcular la eficiencia de remoción de DBO₅

$$E_1 = \left(\frac{(DBO_5)_{in} - (DBO_5)_{out}}{(DBO_5)_{in}} \right) \times 100$$

2. Calcular la carga orgánica del afluente al filtro, W (kg/d)

$$W_1 = Q (DBO_5)_{in} \quad , (kg DBO_5 / d)$$

3. Calcular el factor de recirculación

$$F_1 = \frac{[1 + R_1]}{[1 + 0,10 R_1]^2}$$

4. Calculo de volumen del filtro, V (m³)

$$V_1 = \left[\frac{W_1}{F_1} \right] \left[\frac{0,4432 E_1}{100 - E_1} \right]^2$$

5. Calculo de área

$$A = \frac{V}{H}$$

6. Calculo del diámetro del filtro, D (m)

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

7. Calcular la carga hidráulica

$$CHS = \frac{(R_1 + 1)Q}{A}$$

8. Comprobar la carga orgánica, (kg/m³)

$$CO = \frac{Q (DBO_5)_{in}}{A H}$$

9. Calculo de velocidad de rotación del distribuidor giratorio (rpm):

$$\eta = \frac{1,66 Q_T}{(N_{brazos \text{ distribuidor}})(DR)}$$

donde: DR es la dosificación necesaria se calcula como (mm/paso):

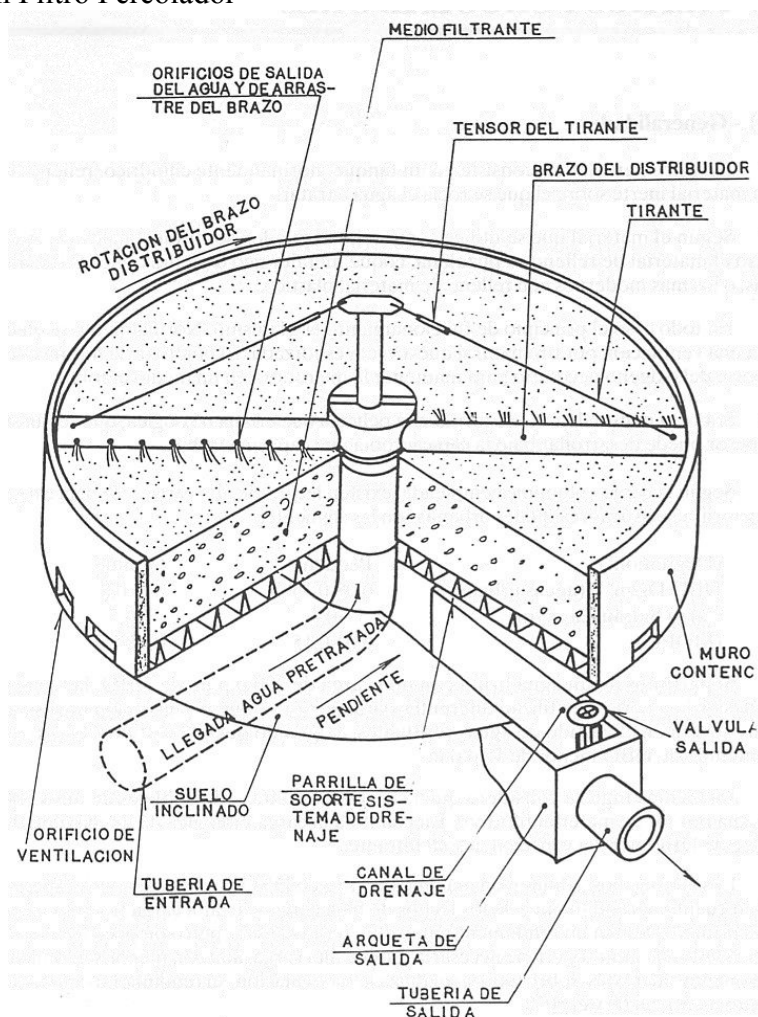
$$DR = 19 \times CO$$

19 es un factor para aproximar la dosificación o su valor se puede determinar directamente de la siguiente tabla:

Tabla. Caudales de dosificación típicos de filtros percoladores	
Carga orgánica, (kg/m ³ d	Dosificación, mm/paso
< 0,4	73
0,8	150
1,2	225
1,6	300
2,4	450
3,2	600

Grafico N° 3.3.5.10.1

Esquema De Un Filtro Percolador



CAPITULO IV

ANALISIS Y PLANTEAMIENTO TECNICO

4.1 ANTECEDENTES

Recientemente hace cinco años que la entidad prestadora de servicios de saneamiento y agua potable (EPSASA), realizó la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas servidas de totora (PTAS) la cual en el aspecto hidráulico ha sido dimensionada para recibir hasta el caudal pico de 770 l/s para el año 2014. Actualmente esta Planta viene Procesando un Promedio de 700 L/s (Según Datos obtenidos a Julio 2006) de agua cruda de una población de 161,586 habitantes (Censo 2,005)

Lo que conlleva a afirmar que la ciudad de ayacucho ha experimentado un crecimiento poblacional acelerado y que excede a lo previsto para este periodo, haciendo necesario realizar una evaluación de la calidad de efluente y de las unidades depurativas como los filtros percoladores y los tanques Imhoff.

4.2 PARAMETROS DE PARTIDA

Según los estudios precedentes el Proyecto fijó el horizonte final de diseño en el año 2020 distinguiendo 2 fases de implementación. La primera fase, para la cual se realizó el diseño final y la construcción de las obras civiles puestas actualmente en operación (Julio 2004), cubrirá los requerimientos de tratamiento hasta alcanzar las cargas correspondientes a un horizonte fijado para 10 años, hasta el año 2014. La segunda fase cubrirá los requerimientos de tratamiento hasta alcanzar las cargas estimadas para el horizonte de diseño final (año 2020) siendo por tanto necesario realizar la ampliación de las obras civiles construídas actualmente previamente a alcanzar los valores estimados para la primera fase. En el aspecto hidráulico la planta ha sido dimensionada para recibir hasta el caudal pico del año 2020.

Los caudales estimados para las diferentes fases son:

Cuadro N° 4.2.1

CAUDAL	Caudales en (l/s) a alcanzar en el	
	Año 2,014	Año 2,020
Caudal medio diario (Q)	443	618
Caudal medio horaripo (Q_h)	538	697
Caudal pico (Q_p)	770	689
Caudal minimo (Q_{min})	274	435

Caudales de diseño. (Fuente. Estudio Definitivo. Informe Final (CES)).

De acuerdo a las mediciones realizadas con personal de la entidad prestadora de saneamiento (EPSASA), en la planta estas registran un Caudal Pico de **700 l/s** (Año 2007).

Según esta información, se procede a determinar los caudales ha esperarse en el presente periodo (**año 2008**):

A.- POBLACIÓN ACTUAL (Po)	161,586.00	Hab (CENSO 2005)												
B.- TASA DE CRECIMIENTO (r)	3.04	%												
C.- PERIODO DE DISEÑO (t)	4.00	Años												
D.- POBLACION FUTURA Pf= Po * (1 + r * t/100)	181,234.86	Hab.												
E.- DOTACION (Dot)	129.00	lts/hab/día												
F.- CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES Qprom.= 0.80 * Pob * Dot	<table><tr><td>m3/día</td><td>m3/seg</td><td>lts/seg</td></tr><tr><td>18,703.44</td><td>0.2165</td><td>216.47</td></tr></table>	m3/día	m3/seg	lts/seg	18,703.44	0.2165	216.47							
m3/día	m3/seg	lts/seg												
18,703.44	0.2165	216.47												
G.- CAUDAL MAXIMO HORARIO <div>K1= 1.25 K2= 1.75</div> Qmax. Diario = K1 x Qprom Qmax. Horario= K2 x Qmax.diario	<table><tr><td>m3/día</td><td>m3/seg</td><td>lts/seg</td></tr><tr><td>23,379.30</td><td>0.2706</td><td>270.59</td></tr><tr><td>40,913.77</td><td>0.4735</td><td>473.54</td></tr></table>	m3/día	m3/seg	lts/seg	23,379.30	0.2706	270.59	40,913.77	0.4735	473.54				
m3/día	m3/seg	lts/seg												
23,379.30	0.2706	270.59												
40,913.77	0.4735	473.54												
H.- CAUDAL DE INFILTRACION Longitud total de la red Número de Buzones de la red Q1= 20,000 lts/Km/día x (long. De la red) Q2= 380 lt/buzón/día x (Nº buzones) Qinf.= Q1 + Q2	<div>100.00 Km 1,000.00 Und</div> <table><tr><td>m3/día</td><td>m3/seg</td><td>lts/seg</td></tr><tr><td>2,000.00</td><td>0.0231</td><td>23.15</td></tr><tr><td>380.00</td><td>0.0044</td><td>4.40</td></tr><tr><td></td><td>0.0275</td><td>27.55</td></tr></table>	m3/día	m3/seg	lts/seg	2,000.00	0.0231	23.15	380.00	0.0044	4.40		0.0275	27.55	
m3/día	m3/seg	lts/seg												
2,000.00	0.0231	23.15												
380.00	0.0044	4.40												
	0.0275	27.55												
I.- CAUDAL DE ESCORRENTIA Area total Area de Recepción de aguas pluviales (Ha)= 0.70XArea Total Coeficiente de Escorrentía © <div>Tejado 0.85 Patio 0.3</div> C= (85x0.30+0.3xHa)/100 Caudal de Escorrentia (Qe) Qe= HaxCx16/3.6	<div>500.00 Ha 350.00</div> <div>1.31</div> <table><tr><td>lt/hab/día</td><td></td><td>lt/seg</td></tr><tr><td>2,030.00</td><td></td><td>0.0235</td></tr></table>	lt/hab/día		lt/seg	2,030.00		0.0235							
lt/hab/día		lt/seg												
2,030.00		0.0235												
J.- CAUDAL DE DISEÑO Q= Qmax.horario r+Qinf.+Qe		<table><tr><td>lts/seg</td></tr><tr><td>501.11</td></tr></table>	lts/seg	501.11										
lts/seg														
501.11														

Cuadro N° 4.2.2

**POBLACION Y VIVIENDA DESAGREGADA A NIVEL URBANA Y RURAL:
AYACUCHO, SAN JUAN BAUTISTA, CARMEN ALTO, JESUS DE NAZARENO Y HUANTA**

CENSO: 1993

LOCALIDAD	POBLACION			VIVIENDA			DENSIDAD		
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
AYACUCHO	67,142	3,491	70,633	14,849	1,132	15,981	4.52	3.08	4.42
CARMEN ALTO	7,735	1,179	8,914	1,515	162	1,677	5.11	7.28	5.32
SAN JUAN BAUTISTA	20,111	447	20,558	4,138	98	4,236	4.86	4.56	4.85
JESUS DE NAZARENO	10,930	568	11,498	2,199	189	2,388	4.97	3.01	4.81
HUMANGA	105,918	5,685	111,603	22,701	1,581	24,282	4.67	3.60	4.60
HUANTA	17,681	8,120	25,801	3,971	2,172	6,143	4.45	3.74	4.20
TOTAL	123,599	13,805	137,404	26,672	3,753	30,425	4.63	3.68	4.52

CENSO: 2005

LOCALIDAD	POBLACION			VIVIENDA			DENSIDAD		
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
AYACUCHO	95,180	1,759	96,939	24,580	774	25,354	3.87	2.27	3.82
CARMEN ALTO	15,148	932	16,080	4,284	276	4,560	3.54	3.38	3.53
SAN JUAN BAUTISTA	36,928	155	37,083	9,731	55	9,786	3.79	2.82	3.79
JESUS DE NAZARENO	14,330	918	15,248	3,535	208	3,743	4.05	4.41	4.07
HUMANGA	161,586	3,764	165,350	42,130	1,313	43,443	3.84	2.87	3.81
HUANTA	27,814	12,916	40,730	7,058	4,679	11,737	3.94	2.76	3.47
TOTAL	189,400	16,680	206,080	49,188	5,992	55,180	3.85	2.78	3.73

Cuadro N° 4.2.3

INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

Variables	Fecha	Formato Var.	Localidades			
			Ayacucho	Huanta	Total	Localidad 4
Población Urbana año	2005	hab.	161,586	27,814	189,400	
Tasa de crecimiento poblacional	2005	%	3.04	2.90	3.01	
Número de habitantes / vivienda (último censo)	2005	hab/viv	3.84	3.94	3.85	

De las verificaciones realizadas para los caudales de funcionamiento de la planta, se tiene:

Cuadro N° 4.2.4

CAUDAL	Caudales en (l/s) a alcanzar en el		
	Año 2,008	Año 2,014	Año 2,020
Caudal medio diario (Q)	271	443	618
Caudal medio horaripo (Q _h)	474	538	697
Caudal pico (Q _p)	700	770	689
Caudal minimo (Q _{min})	217	274	435

En respuesta a los resultados del programa de mediciones, para el diseño sanitario se parten de los siguientes valores:

- Contribución per cápita de DBO₅ : 50 g DBO/(hab.d)
- Contribución per cápita de DQO: 100 g DQO/(hab.d)

Con estos valores las cargas orgánicas de diseño, para los niveles de cobertura de alcantarillado indicados anteriormente (75% para el 2.014 y 80% para el 2.020), serán las siguientes:

Cuadro N° 4.2.5

POBLACION SERVIDA Y CARGAS ORGÁNICAS	AÑO 2.014	AÑO 2.020
Población total (hab)	208.282	278.215
Población servida(hab)	156.212	222.572
Carga de DBO (kg/d)	7.811	11.129
Carga de DQO (kg/d)	15.622	22.258

Cargas orgánicas de diseño

Con los datos de caudal medio diario y las cargas de DBO₅ correspondientes a los períodos 2.014 y 2.020, los valores teóricos de concentración de DBO₅ serían los siguientes:

Año 2.014 : 204 mg/l

Año 2.020 : 208 mg/l

Los objetivos de calidad a alcanzar en el año 2.014 definidos en el proyecto de rehabilitación de la PTAS Totora ejecutada en el año 2004, son los siguientes:

DBO₅ efluente: < 30 mg/l

La descarga será directamente en el río Alameda y no se prevé desinfección del efluente tratado para esta fase de implementación del proyecto.

Si bien durante el programa de arranque no se pudo contar con el laboratorio y por tanto no se cuenta con los valores medidos en la PTAS de concentración en términos de demandas bioquímica y química de oxígeno, sólidos suspendidos y coliformes existen los resultados del tercer programa de medición efectuado durante la fase de supervisión. En éste se obtuvieron concentraciones promedio para **DBO de 222 mg/l**, para DQO de 430 mg/l y sólidos suspendidos de 390 mg/l. En dos mediciones

realizadas por personal técnico de EPSASA el 08.06.04 y el 17.06.04 se registraron valores de **DB0 en el ingreso de 250 mg/l.**

Los parametros de diseños anteriormente descritos son corroborados y declarados viables por DIGESA a través de su informe N° 043-2000/DESAB, que anexa al presente trabajo.

En base a los resultados experimentales obtenidos, se evidencia:

1. La carga hidráulica se ha incrementado notablemente a solo 4 años de entrar en funcionamiento la nueva planta de tratamiento, lo que corrobora nuestra afirmación que la ciudad de Ayacucho ha experimentado un crecimiento poblacional no esperado, con relación a los caudales de operación esta por debajo del máximo previsto al horizonte 2020, por lo que hidráulicamente esta operando dentro de los parámetros de diseño.
2. La Carga Orgánica determinada en dos mediciones realizadas el 2004, estas resultan por encima de lo previsto. Por lo que se considera que para cumplir con el objetivo planeado al 2014, es necesario ampliar la planta existente de manera que se pueda dar tratamiento a una mayor carga orgánica no prevista para este periodo.
3. Corresponde entonces determinar y proponer a la Entidad Prestadora de Saneamiento (EPSASA), que es de importancia ampliar la nueva planta de tratamiento.

4.3 ANALISIS DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DEPURATIVAS DE LA PTAS

La PTAS y sus distintas unidades han venido siendo puestas en operación a medida que lo ha permitido el avance de las obras (Desde mayo 2002 a junio 2004), del emplazamiento actual de la obra solo permite proponer la ampliación de la planta con la construcción de un filtro percolador o la construcción de un tanque presedimentador IMHOFF, por lo que corresponde en este punto definir la mejor alternativa técnica.

4.3.1 Presedimentadores tanques IMHOFF

Los presedimentadores IMH 3 y 4 fueron llenados el 05.06.04 habiéndose previamente bombeado lodos desde los presedimentadores existentes (IMH 1 y 2). El IMH 6 fue llenado el 28.06.04 y el IMH 5 el 05.07.04 completándose de esta manera el arranque de todos los nuevos tanques (IMH 3 al 6). El Imhoff 1 fue puesto fuera de operación el 29.06.04.

El volumen de inóculo corresponde del 5 al 10% del volumen disponible para la digestión de lodos.

Se ha evitado continuar con la actividad de inocular lodos desde los Imhoffs existentes hacia los IMH 5 y 6 en vista de que los lodos existentes presentan gran cantidad de arenas por cuanto su funcionamiento ha sido a lo largo de todo el proceso constructivo y adicionalmente por la regulación del caudal hacia 3 y 4 se incrementó notablemente el caudal hacia los IMH 1 y 2 disminuyendo el tiempo de sedimentación.

El criterio ha sido el incremento del período de retención a 2 y 3 veces del período de diseño en los nuevos tanques.

El sistema de presedimentación se encuentre completamente operativo y se encuentra trabajando con 32 l/s hacia c/u de los Imhoffs existentes (1 y 2) y 50 l/s hacia los nuevos Imhoffs (3 a 6).

Se han venido registrando sólo temperatura, pH y turbiedad. Este último parámetro tiene en general poco significado en el tratamiento de aguas servidas a excepción del proceso de sedimentación secundaria o en sistemas lagunares. No obstante aquí se lo ha empleado para registrar el proceso de sedimentación por la variación en la turbiedad. Como se ha mencionado anteriormente existen dos mediciones puntuales de DBO (08.06.04 y 17.06.04) hechas por el personal de EPSASA que arrojan los siguientes resultados:

Cuadro N°. 4.3.1

Medición	Ingreso PTAS	IMHOFF 1		IMHOFF 2		IMHOFF 3		IMHOFF 4	
		Salida	Rem.	Salida	Rem.	Salida	Rem.	Salida	Rem.
	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)
08.06.2004	250	180	28	195	22	190	24	N.L.	N.L.
17.06.2004	250	170	32	180	28	175	30	195	22
Promedio			30		25		27		22

Valores de mediciones puntuales (Fuente: elaboración propia)

Se observa que a los 10 días de haber arrancado los Imhoffs 3 y 4 se producen remociones de 27 y 22 % y que las de los Imhoffs 1 y 2 mejoran notablemente al estar operando los IMH 3 y 4. La remoción adoptada en el diseño del 25% queda comprobada ya al poco tiempo de arranque obteniéndose una remoción promedia de 26%.

4.3.2 Filtros Percoladores

El primer filtro percolador en entrar en operación ha sido el FP3 el 05.06. conjuntamente con el tratamiento mecánico. El filtro percolador FP 1 arrancó el 11.06. El sistema de sedimentación secundaria fue puesto en operación conjuntamente con el arranque del FP3.

Los caudales de ingreso han garantizado el número de revoluciones y capacidad de arraste previstas en el diseño. En la actualidad se observa en la capa superior del FP3 una generación de la bio-película.

La actividad biológica en los biofiltros queda numéricamente establecida con los resultados obtenidos en las mediciones de DBO realizadas por EPSASA según lo muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 4.3.2

Medición	Ingreso PTAS	Salida Imhoffs (*)		Bio-Filtro 3		Bio-filtro 1		Remoción Total	
		Salida	Rem.	Salida	Rem.	Salida	Rem.	Salida	Rem.
	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)
08.06.2004	250	189	24	95	50	N.L.		95	62
17.06.2004	250	185	26	65	65	65	65	95	74
Promedio			25		58		65		68

Dimensiones finales de los sedimentadores secundarios construidos

* Corresponden al promedio de la concentraciones medidas a las salidas de los Imhoffs.

La carga orgánica de diseño es de 0,40 kg/m³d, actualmente los 2 filtros están trabajando con una carga de 0,46 kg/m³d con la que se espera llegar a una remoción de hasta 85%. Como se muestra en el cuadro se ha alcanzado ya a los 10 días de operación una remoción de 65%. Al entrar a funcionar el tercer filtro la carga orgánica estará en el orden de 0,30 kg/m³d lo que favorecerá el proceso de remoción.

El pH mínimo horario registrado asciende a pH 7,3 y el promedio a pH 7,5. La temperatura promedio es de 16,8 °C y la mínima de 16 °C.

La operación hidráulica de los rociadores es correcta y no se necesita hacer ninguna corrección.

Si bien el caudal mínimo registrado es de 46,42 l/s los caudales mínimos promedios registrados de las últimas 2 semanas asciende a 154 l/s, con lo cual, durante este período de tiempo, los filtros han funcionado permanentemente.

4.4 PLANTEAMIENTO TECNICO

Según lo descrito en los puntos anteriores para el presente capítulo, se recomienda como ampliación de la planta de tratamiento de aguas servidas totora la construcción de una unidad de filtro percolador, por demostrar esta un mayor rendimiento en la remoción de carga orgánica, además de su facilidad constructiva en comparación con el tanque Imhoff.

Dentro de las consideraciones adicionales a tomarse en cuenta se mencionan las principales:

- Las aguas servidas crudas analizadas se caracterizan como muy biodegradables pudiéndose emplear cualquier tipo de tratamiento biológico.
- El material de relleno a considerar como es la piedra Pómez de origen volcánico por sus características naturales representa una buena alternativa para proponer filtros de mayor altura, además de encontrarse en la zona canteras explotables.
- Las aguas servidas crudas se caracterizan como de tipo doméstico. Las concentraciones medidas de parámetros como: metales pesados, sulfatos, grasas y aceites, permiten establecer que los vertimientos de carácter industrial no tienen ninguna incidencia en el proceso de depuración.

Las industrias existentes en la actualidad en Ayacucho son de tipo artesanal. No existen industrias en la actualidad que puedan ser caracterizadas como de posible impacto negativo para el sistema de tratamiento, por lo que los análisis realizados en la planta de tratamiento son representativos y no se requiere de análisis puntuales de industrias. Dado el desarrollo que ha tenido Ayacucho hasta el momento no parece ser posible que en los próximos 10 años se presente un boom industrial que represente una sobrecarga tal, que la planta no esté en capacidad de absorber. No obstante, dado el caso que la ciudad se industrialice a tal grado, se deberá obligar a las industrias a tener su sistema de tratamiento de efluentes industriales, éste criterio debe extenderse incluso a la incipiente industria actual. Sobrecargas estacionales, como por ejemplo producto de un boom turístico, pueden ser absorbidas sin dificultad por las unidades de tratamiento previstas.

CAPITULO V

DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR

Un filtro percolador se puede designar como un reactor con lecho de contacto fijo, en el cual en dependencia de sustrato provisto se genera una biopelícula (biomasa) sobre la superficie del medio de contacto (material portante). A lo largo de la altura del filtro percolador se produce la degradación de la materia orgánica afluyente, la misma que en dependencia de los diferentes organismos que habitan en las distintas zonas del filtro produce una pendiente de degradación. Como consecuencia de esto son diferentes las eficiencias de remoción a lo largo del filtro. Como ejemplo se menciona que en la zona superior se produce una rápida degradación de los enlaces de carbono, la misma que decrece a medida que avanza hacia el fondo del filtro. Contrariamente, los enlaces nitrogenados se oxidan crecientemente a medida que se avanza hacia la parte baja del filtro, en vista de que en esta zona pueden generarse las bacterias nitrificantes en un número adecuado.

La biomasa dispuesta sobre el material de contacto crece en función de la oferta de sustrato, por lo tanto, el espesor de la biopelícula crece más rápidamente en la zona superior y más lentamente en la inferior. Dado que el volumen de poros existente entre las partículas del material de relleno no puede incrementarse se puede producir un taponamiento de los mismos impidiendo de esta manera la libre circulación de agua y de aire e interrumpiéndose de esta manera el proceso. Para evitar este fenómeno el equipo aspersor (rociador) rotativo considerado en el diseño estará en la capacidad de entregar la cantidad de agua necesaria de manera de abastecer con el sustrato necesario a los organismos y permitir el arrastre de la biopelícula en exceso. Adicionalmente se ha considerado para esta zona una granulometría de tamaño diferente que la del resto del filtro como se indica posteriormente.

De lo expuesto las componentes fundamentales del filtro percolador son las que se refieren al equipo rociador, al material mineral de relleno y a las facilidades de circulación de aire a través del mismo.

El dimensionamiento del filtro percolador se ha llevado a efecto acorde a las recomendaciones de la sociedad alemana de ingeniería sanitaria y la normativa DIN según ATV A 135 [13] y DIN 19 553 [32]. En éste sentido partiendo de la carga orgánica total restante del tratamiento primario, es decir, sin considerar las lagunas facultativas 1 y 2 (caso más desfavorable), se obtienen los siguientes resultados partiendo de las dimensiones existentes y un material de relleno mineral:

Carga orgánica remanente:	5.858 kg DBO5/d
Diámetro interno de un FP:	32,00 m
Diámetro externo de la caja central:	3,10 m

Altura efectiva del material de relleno:	4,50 m
Volumen disponible por FP:	3.585 m ³
Carga orgánica existente:	0,41 kgDBO5/m ³ d
Carga orgánica recomendada:	0,40 kgDBO5/m ³ d (Ok)
Porcentaje de remoción: $= 93 - 0.017 \times 410 =$	86%
Carga orgánica removida:	5.040 kg DBO5/d
Carga orgánica remanente:	818 kg DBO5/d
Concentración efluente:	21 mg/l
Área de filtración disponible por FP:	798 m ²
Tasa hidráulica horaria recomendada mayor a:	0,4 m/h
Tasa hidráulica existente: $q_A = \frac{538 \times 3,6}{4 \times 798} = 0,61 \text{ m/h}$	> 0,4 m/h (Ok)
Número de brazos del rociador rotativo (a):	4
Revoluciones por hora recomendadas para 4 brazos (n):	> 50
Capacidad de arrastre/brazo recomendada (SK):	2 – 6 mm
Capacidad de arrastre: $SK = \frac{q_A}{a \times n} \times 1000 =$	3 mm (Ok)

La alimentación hidráulica hacia el rociador rotativo se hará por medio de tubería bridada de hierro fundido dúctil con recubrimiento interno de mortero, DN 400, PN 10, desde la caja de distribución hasta la caja central del filtro. A partir de aquí, incl. el codo con pie y su sistema de sujeción, los tramos cortos de tubería, cabeza de distribución, brazos rociadores, marcos de sujeción etc.. Serán de acero inoxidable 1.4571 (AISI TP 316 Ti). El rociador rotativo a ser suministrado tiene que cumplir con la norma DIN 19553 y no poseer empaquetadura sino junta de metal/metal. El suministrador tendrá que garantizar la fuerza de arrastre recomendada, la funcionalidad de sus equipos por carga hidráulica, tapones de frenado para la regulación de la velocidad y la cantidad necesaria de orificios para conseguir la distribución homogénea del efluente sobre toda la superficie del filtro percolador. (Se anexan los planos correspondientes).

5.1 MATERIAL DE RELLENO

En lo referente al material de relleno, se considera, emplear material de origen mineral volcánico (Piedra Pómez) como relleno del filtro percolador.

El reconocimiento de las canteras se basó en la necesidad de encontrar un material con granulometrías variadas que vayan desde los 40 mm hasta los 150 mm preponderando el tamaño comprendido entre los 40 mm y 80 mm con formas angulosas a subangulosas de estructura vacuolar. El material debe presentar buena resistencia al desgaste, capacidades de absorción promedio mayores al 5%, con superficie específica de $90 \text{ m}^2/\text{m}^3$ y peso específico promedio entre 1,50 a 1,80. De las cuatro canteras investigadas, se ha escogido la denominada Quicapata ubicada en el distrito de Carmen Alto a aprox. 3,5 km del centro de Ayacucho. La cantidad de material neto aprovechable con las características indicadas asciende a 25.000 m^3 . La cantidad requerida asciende a aprox. 3.585 m^3 .

El material se colocará en el filtro percolador en 4 zonas o capas. La inferior con una altura de hasta 30 cm estará conformada por granulometrías comprendidas entre 100 y 150 mm. La capa suprayacente con una altura de hasta 30 cm estará conformada por granulometrías comprendidas entre 80 y 100 mm. La capa suprayacente inmediata tendrá una profundidad de 3,50 m y estará conformada por granulometrías comprendidas entre 40 y 80 mm. La capa superior y en una altura de 40 cm estará conformada por granulometrías comprendidas entre 60 y 80 mm. No se empleará bajo ningún concepto un tamaño de partícula menor a 40 mm.

Para garantizar el adecuado flujo de aire a través del cuerpo del filtro se han concebido orificios de ventilación de 400/400 mm ubicados en la periferia de la pared confinante del filtro y orificios de 300/300 mm ubicados sobre la losa inferior de la caja central. En total en la periferia se dispone de un área de ventilación de $10,20 \text{ m}^2$, que implicaría una superficie abierta de 1 m^2 por cada 78 m^2 de superficie del lecho.

5.2 SISTEMA DE DRENAJE

En la parte inferior del filtro se encuentra ubicado un sistema de drenaje y recolección del efluente tratado. El sistema de drenaje consta de viguetas de soporte ancladas a la losa inferior y de 20/100 cm de dimensión transversal por el largo del filtro. Sobre las viguetas se apoyan losa construida insitu tipo parrilla (con orificios central rectangular de $8 \times 80 \times 15 \text{ cm}$) que servirán de soporte para el material mineral de relleno. Este falso fondo del sistema de drenaje dispone en total de un área de orificios del 40%, porcentaje referido al área total del filtro. Las dimensiones y separaciones entre los bloques tiene que ser la que se indica en los planos respectivos. En obra se tendrá que realizar el empalme de bloques a la ménsula periférica prevista para el efecto.

La losa de fondo tiene una pendiente transversal de 1,29% en cada uno de los hemisferios de que se compone, el afluente es recogido en un canal central

rectangular (b/h: 100/60 cm) que desemboca en una caja de recolección. El afluente es transportado hacia los sedimentadores, cuyo propósito es separar la biomasa en exceso producida en el filtro del agua servida tratada.

5.3 ROCIADORES ROTATIVOS



Para el suministro e instalación de estos equipos importados tener en consideración las siguientes requerimientos técnicos:

5.3.1 Suministro De Rociadores Rotativos

01 ROCIADORES ROTATIVOS

para filtros percoladores según DIN 19 553

para la distribución homogénea de aguas servidas (pre-tratadas mecánicamente) sobre toda la superficie del filtro percolador.

Datos técnicos:

Dimensiones internas y externas del codo bridado con pie	400 mm
Diámetro interno de la tubería fija de ingreso	400 mm
Número de brazos giratorios/rotatorios	4 unidades
Diámetro externo de caja de distribución	1600 mm
Diámetro interno y espesor de los tubos de los brazos	DN 200; aprox. 213/3 mm
Longitud efectiva de cada brazo giratorio	14950 mm
Número de perforaciones por brazo	82 unidades
Diámetro de las perforaciones	25 mm
Diámetro de la varillas/cables tensoras suspendidas	16 mm
Diámetro de las varillas/cables tensoras distanciadoras	16 mm

Velocidades de giro del rociador $[\omega]$ y presión requerida $[p_v]$ en caja de carga (referida al eje del brazo):

Futuro (1FP)	ω [RPM]	P_v [mmca]
QM	1,20	0,764
Q	0,62	0,714
Qm	0,33	0,674

Materiales:

Construcción completa en acero inoxidable Nr. 1.4571, excepto rodamientos y bomba de lubricación que serán de acero normal como usual en el mercado.

Pernos, tuercas, arandelas: A4 según DIN 267.

Suministro:

Cada rociador rotativo está conformado por:

CAJA DE DISTRIBUCIÓN (construcción soldada). Parte inferior fija con brida de unión. Unión de rotación por rodamientos/rulimanes y parte superior giratoria con unión de bridas para los brazos de distribución. Tapa con columna de amarre o embridamiento para las barras sujetadoras.

MARCO de vigas perfiladas para apoyo del rociador sobre la cámara central.

BRAZOS DE DISTRIBUCIÓN conformados por tubos unidos por brida a la caja de distribución, con la cantidad necesaria de orificios para la distribución homogénea del efluente sobre la superficie del filtro percolador.

TAPAS con sellos de goma en los extremos de los brazos de distribución para permitir la limpieza.

TAPÓN DE FRENADO en acero inoxidable Nr. 1.4571 para la regulación de la velocidad de rotación.

ARRIOSTRE con varillas tensoras y distanciadores.

BOMBA DE LUBRICACIÓN para la unión de rotación por rodamientos.

Observación:

El suministro debe de incluir:

- Codos de 90° DN 400 mm de radio corto y extremos bridados, con pie.
- Tuberías ascendentes DN 400 mm, con un extremo bridado y aprox. 2,70 m de longitud
- Basamento de apoyo para codos de 90°.

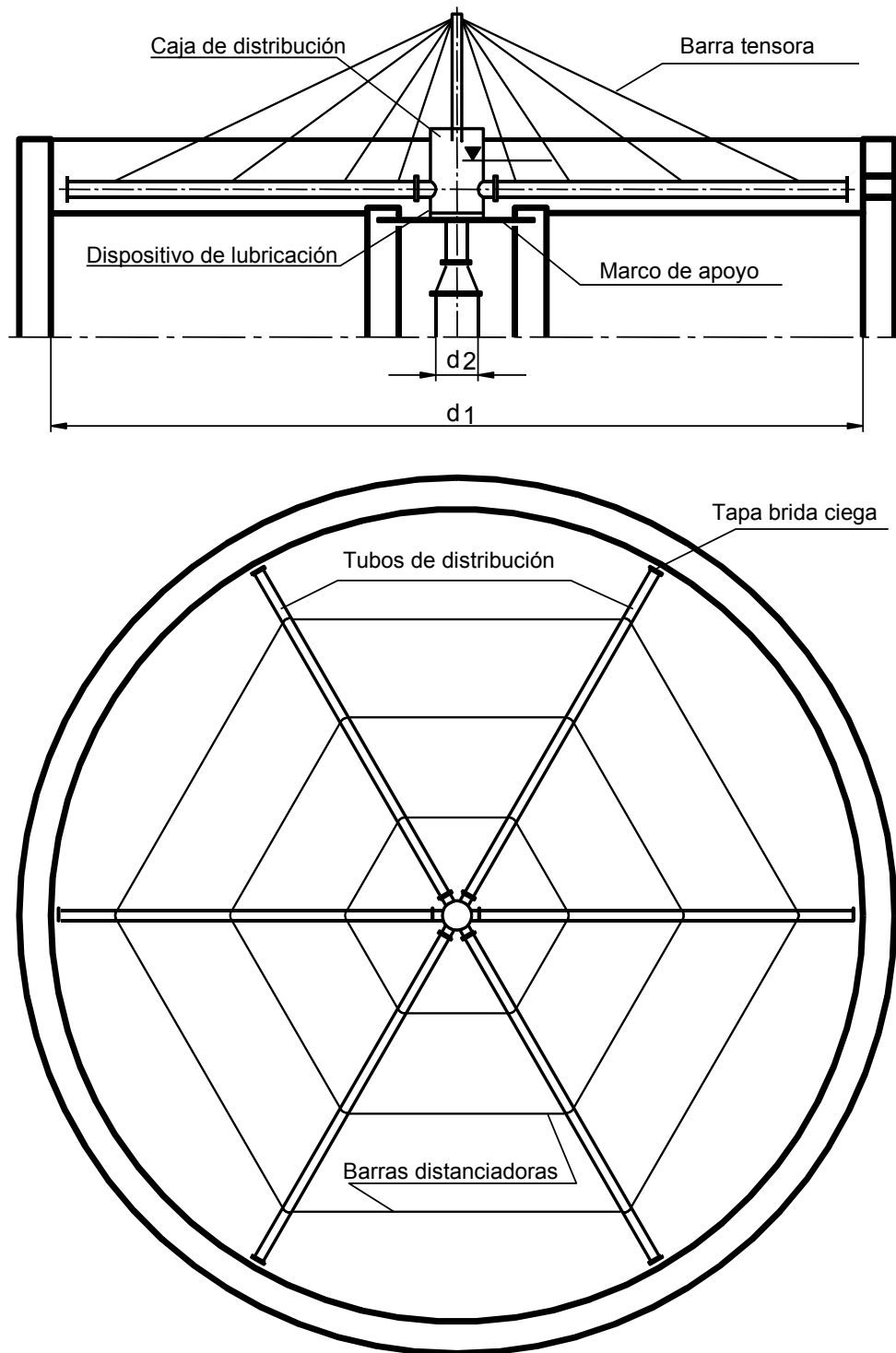
Requerimiento de diseño y funcionamiento:

Número de unidades operativas: 4

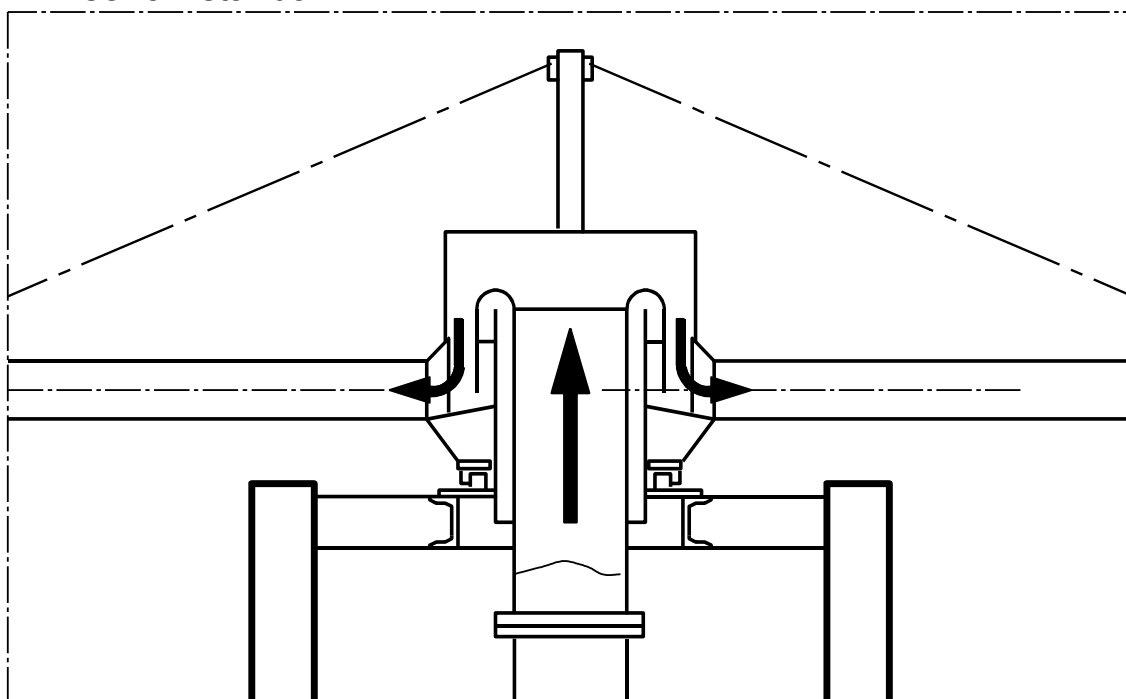
Caudal máximo por unidad (Qmax) en l/s: 192

Caudal mínimo por unidad(Qmin) en l/s:	69
Diámetro interior de un filtro percolador (d1):	32,00 m
Diámetro exterior de caja central (d3):	2,50 m
Diámetro de tubería alimentación/ascendente:	DN 400
Altura del material mineral de relleno del filtro:	4,50 m
Nivel superior de la pared perimetral del filtro:	+2.629,05 msnm
Nivel superior de la pared de caja central:	+ 2.628,00 msnm
Nivel de suelo de la caja central:	+ 2.622,75 msnm
Nivel del fondo falso del filtro percolador:	+ 2.623,15 msnm
Nota. Los niveles serán verificados durante el replanteo y construcción de la obra.	

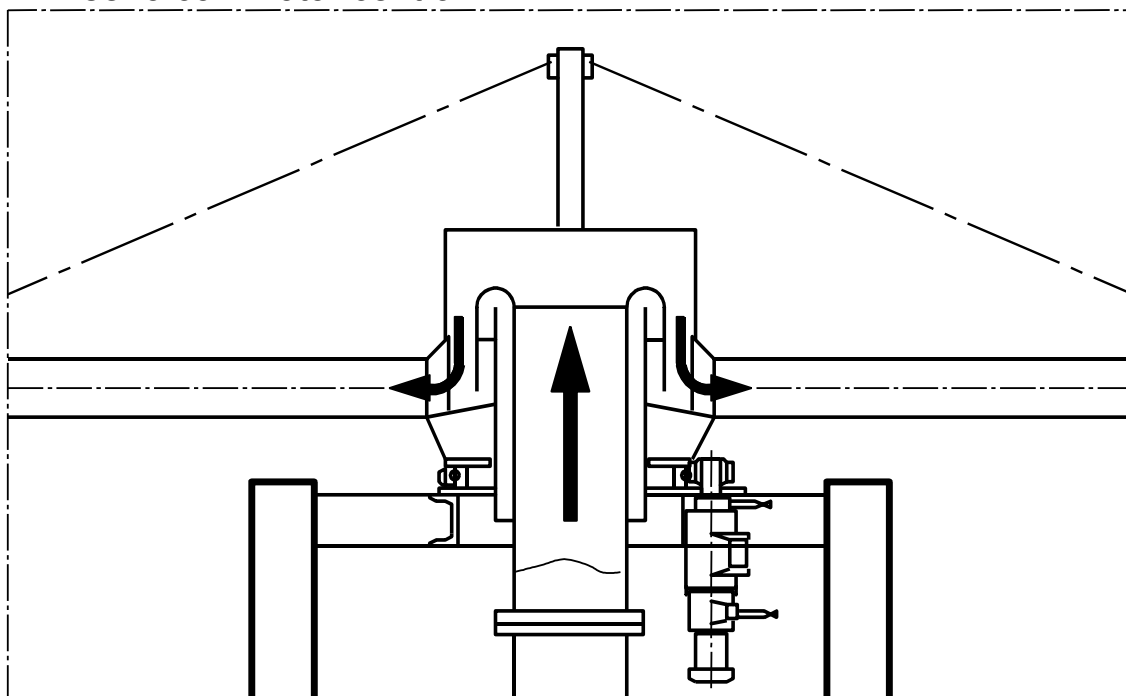
DISEÑO ESTANDAR DE ROCIADOR ROTATIVO

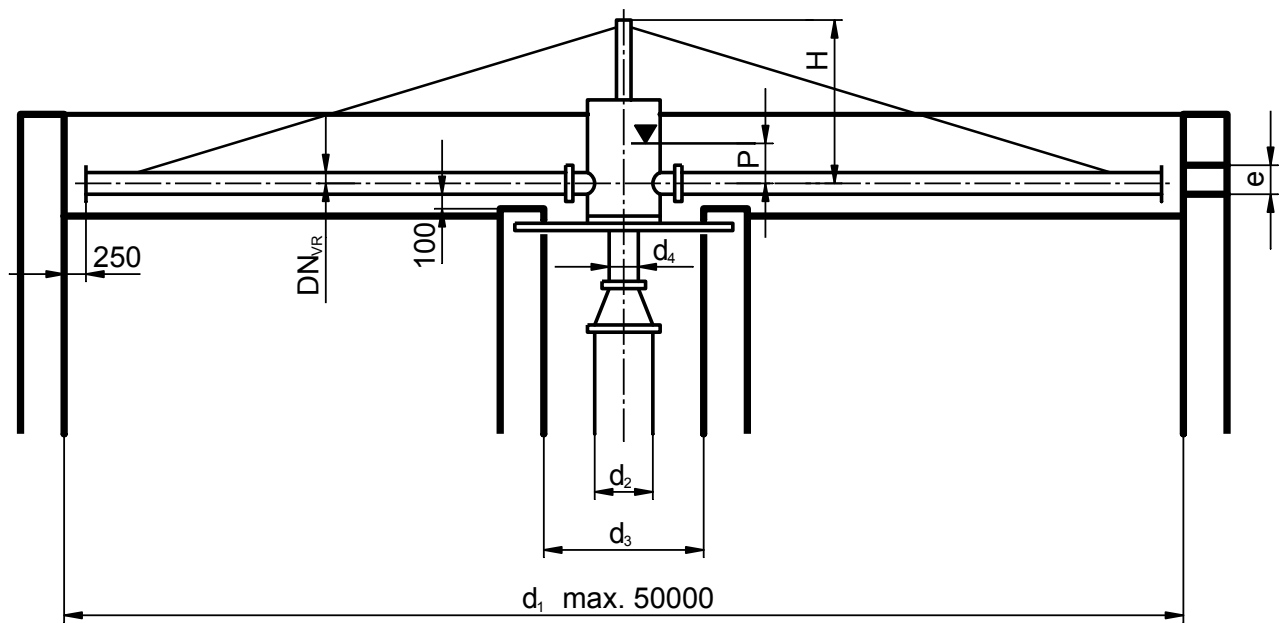


Diseño Estándar



Diseño con motor central





d_4 = Rated size of the Rotary Sprinkler depending on flow rate and existing pressure

p = Required pressure

H = Overall height of the Rotary Sprinkler over the axle of distributor pipes

DN_{VR} = Rated size of the distributor pipes

n_{VR} = Number of distributor pipes

Trickling filter body			$d_1 = 4000$ m, increasing in steps of 1000 m	
Inlet pipe	d_2		d_3	Cleaning eye e
DN100; DN150; DN200;			1500	500
DN250; DN300; DN350;			2000	500
DN400; DN500; DN600;			2500	500
DN700; DN800; DN900;			3000	600
DN1000; DN1100;			3000	800
DN1200			4000	1000

CAPITULO VI

PLAN DE MONITOREO DE LA PTAS TOTORA

A continuación se propone un plan de control / monitoreo de la PTAS que deberá ser adoptado y/o modificado en el marco de un programa de seguimiento y preparación de personal:

6.1.- MEDICION

El caudal de ingreso a la PTAS es medido mediante un dispositivo ultrasónico de la empresa Endress & Hauser compuesto de sensor ultrasónico PROSONIC FDU 80, Transmisor PROSONIC FMU 861 y registrador digital EcoGRAPH A RSG 22. El sensor cuenta con cobertura de protección y está sujecionado mediante un soporte cantiliver. El equipo está en capacidad de registrar el caudal de ingreso cada minuto. El período de registro puede calibrarse a voluntad. El equipo instalado cuenta con el Software ReadWin que permite además graficar los hidrogramas y pasarlo a EXCEL.

El dispositivo ultrasónico registra las variaciones de nivel provocadas por el venturi Khafagi QV 314 construido nacionalmente en acero inoxidable con información de Endress & Hauser. Junto al medidor de caudales se ha instalado un tomamuestras automático para obtener muestras compuestas de 24 horas proporcionales al caudal. El equipo proviene también de la empresa Endress&Hauser y tiene la designación LIQUIPORT 2000.

6.2.- DESCRIPCION GENERAL DE LOS PARAMETROS A MONITORIARSE

1. El monitoreo de diferentes parámetros de control sólo tiene valor si la toma de muestras ha sido realizada de manera correcta. La influencia de errores en la toma de las muestras es por lo general mayormente los posibles errores ocurridos en la ejecución de los ensayos correspondientes de laboratorio. El muestreo no es entonces una labor que carece de importancia, por el contrario, es una parte esencial de la operación y control de la planta. Por lo general las muestras deben ser obtenidas siempre en el mismo lugar, para poder ser comparables.
2. A excepción de las muestras del afluente de las PTAS que cuenta con un tomamuestras automático y del sistema lagunar donde sólo se requiere una muestra puntual, el resto de muestras deben ser compuestas de 2 horas.

Generalmente, para medir el DBO5 y el DQO se utiliza la muestra homogeneizada, mientras que para medir nitrógeno (NH_4 , NO_2 , NO_3) se utiliza la muestra filtrada. Para medir el DBO5/DQO en el efluente de los lechos percoladores se debe tomar a la salida de las Ats.

6.2.1.- Parámetros físicos

a. Temperatura

Aunque la temperatura de las aguas servidas no tiene la misma importancia para el proceso de tratamiento como en regiones con temperaturas ambientes bajo cero se recomienda medir la temperatura. Sin embargo, tenemos temperaturas bajas que pueden influir en los procesos bioquímicos en los Lechos Percoladores, así como en las lagunas de sedimentación y maduración. La temperatura será medida directamente en el flujo preferible en una zona turbulenta, en los puntos de muestreo que se indican; 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

b. Sólidos sedimentables

El contenido de los sólidos sedimentables es un indicador para la contaminación de aguas. El análisis de los sólidos sedimentables se realizará en el laboratorio inmediatamente después de la toma de la muestra sin refrigerar o congelar las muestras. Para el análisis se utilizan dos conos Imhoff en los cuales se echa 1000 ml de la muestra. Después de 50 y 110 minutos hay que girar los conos en su armazón a 90° para desprender sedimentos de la pared del cono. Después de 2 horas se tiene que efectuar la lectura del volumen rellenado por los sedimentos sedimentables (ml/l). Para obtener el resultado en mg/l, hay que decantar el agua clara, filtrar los sedimentos con un filtro de papel (de peso conocido, es decir: secado y pesado), secar el filtro con los sedimentos (temperatura: 105°C, 24 horas) y pesar con balanza analítica. Se determinarán en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2, 3, 4, 5 y 11 (ver gráfico) 3 veces por día.

c. Sólidos totales

Los sólidos totales se analizan por medio de la filtración de agua y el secado del filtrante en el horno de secado en 105° C por un tiempo de 24 horas. Se pesa el filtro con los sólidos antes y después de su secado. Efectuar en puntos de muestreo 1, 2 y 11 (ver gráfico) 3 veces por semana.

d. Sólidos volátiles

Los sólidos volátiles representan una parte de los sólidos sedimentables respectivamente de los sólidos totales. Los sólidos volátiles representan también la parte orgánica de los sólidos totales. Para su análisis es necesario como primer paso secar una muestra representativa de las aguas servidas para separar los sólidos totales. Lo mismo se puede realizar también con un filtro microporoso. El contenido de sólidos volátiles se analiza por medio de incineración de los sólidos totales en un horno para mufla. El contenido de sólidos volátiles será determinado con la siguiente fórmula:

$$SV \text{ (mg)} = ST \text{ (1)} - S(2) \text{ (mg)}$$

ST (1): Sólidos Totales

S (2): Peso del resto de los ST (1) después de la incineración

Efectuar en los puntos de muestreo: 1, 2 y 11 ocasionalmente.

e. Valor pH

El valor pH puede influir a todos los procesos de tratamiento. Valores bajos ($\text{pH} < 5$) así como altos ($\text{pH} > 8,2$) tienen impactos negativos a los procesos biológicos de la planta de tratamiento esencialmente en los Filtros Percoladores y las Lagunas.

Altos o bajos valores pH en la entrada indican el ingreso de efluentes industriales al alcantarillado municipal.

El instrumento de medición pierde su graduación rápidamente, por eso hay que calibrar frecuentemente. Para la calibración véase el manual del Medidor de pH de banco o mesa.

Los puntos de muestreo son: 1, 2, 3 y 4, las mediciones deberán efectuarse tres veces al día 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 según la necesidad (ver gráfico).

f. Conductividad eléctrica (mS/m)

La conductividad eléctrica es un indicador para la contaminación iónica de las aguas servidas. También será utilizado para determinar el grado de salinidad o la presencia de ácidos orgánicos en las aguas que sería importante especialmente en el caso que el efluente sea utilizado para el riego de campos agrícolas. Alta conductividad usualmente indica también una alta concentración de DQO.

La conductividad se analiza directamente en el flujo, preferiblemente en una zona turbulenta, p.e. detrás de las rejillas o detrás del Aforador Parshall o en el canal de efluente.

La utilización del medidor portátil para determinar la conductividad está descrita en el Manual de Operación.

Los puntos de medición: 1, 4 y 11 debiendo de medirse ocasionalmente.

g. Contenido de oxígeno

El contenido de oxígeno es de gran importancia para la vida biológica en el agua y respectivamente en los elementos de tratamiento biológico. El contenido de oxígeno se determinará directamente en el flujo, preferiblemente

en una zona turbulenta, p.e. detrás de las rejillas o detrás del Aforador Parshall o en el canal después de los filtros percoladores y lagunas. Alternativamente se puede también analizar el grado de saturación con oxígeno en el agua.

Antes de la medición hay que calibrar el equipo según el manual del medidor portátil para determinar el oxígeno.

Los puntos de medición son: 1, 2, 3 y 4; se determinarán 3 veces por día. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14, una vez por día (ver gráfico).

h. Turbiedad del agua

La turbiedad del agua se analizará en las diferentes unidades, ingreso a la PTAS, lagunas de sedimentación así como en las lagunas de maduración para determinar la calidad del tratamiento. Alta turbiedad es decir poca transferencia combinado con el descenso del color verde indica problemas en el sistema de tratamiento como por ejemplo sobrecarga.

Para la medición se empleará un turbidímetro portátil. Los puntos de medición son: 1, 4 y 11 determinándose ocasionalmente. (ver gráfico).

6.2.2.- Parámetros químicos

a. DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días) (mg/l)

El DBO₅ es uno de los parámetros más importantes indicando el contenido de sustancias biodegradables.

Se analiza el contenido de oxígeno en una muestra antes y después de un período de 5 días. Durante los 5 días las bacterias en el agua consumen oxígeno para oxidar sustancias biodegradables en un proceso de metabolismo bioquímico. Para tener resultados significantes, especialmente en muestras de contaminación alta primero se satura el agua con oxígeno. La muestra tiene que estar en un ambiente oscuro con una temperatura de 20°C. La diferencia entre el contenido de oxígeno antes y después de 5 días representa el DBO₅. Dependiendo del volumen de la muestra hay que transferir los resultados a mg/l.

Para la determinación se cuenta con sistemas de medición manométrica de las botellas VELP®, cantidad de 20 unidades con su sistema de agitación magnética y 02 incubadoras de capacidad de 220 litros.

Los puntos de muestreo son 1, 2, 3 y 4 y deberán medirse una vez por semana, 10 y 11 una vez por semana, 12, 13 y 14 según la necesidad (ver gráfico).

b. DQO Demanda Química de Oxígeno) (mg/l)

Con el análisis del DQO se determina todo el material oxidable de una muestra incluyendo también del DBO5 y tiene que estar por esta razón siempre más bajo que el DQO. La relación DQO: DBO5 varía, dependiendo de la calidad de las aguas servidas entre 2:1 hasta 5:4. Una relación de 2:1 significa contaminaciones altas de materia no-biodegradable indicando afluentes industriales.

Los puntos de muestreo son: 1, 2, 3 y 4 debiendo medirse dos veces por semana, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 una vez por semana (ver plano).

c. Nitrógeno Amoniacal (NH₄) (mg/l)

El parámetro Nitrógeno amoniacal es parte del ciclo metabolismo de nitrógeno. Nitrógeno amoniacal está presente en las aguas servidas crudas en altas concentraciones porque es un producto final del metabolismo humano. Durante el proceso de tratamiento el NH₄ está nitrificado por bacterias nitrificantes vía un compuesto intermedio NO₂ que es tóxico) al producto NO₃ (Nitrito).

Nitrógeno amoniacal es un fertilizante para plantas acuáticas igual como terrestres.

La importancia de su reducción en el proceso de tratamiento debe depender de la destilación de las aguas servidas purificadas así como de los objetivos del tratamiento. Si las aguas son utilizadas sería preferible tener el Nitrógeno como Nitrógeno amoniacal.

Los puntos de muestreo son: 1 y 2, debiendo medirse una vez por semana.

d. Nitratos, Sulfuros y Amonio (NO₄, S⁻², NH₄) (mg/l)

La determinación de los parámetros se realizará por el método del Electrodo Ión Selectivo. El análisis seguirán el manual del fabricante HANNA, cuyo kit presenta sus patrones de medición.

Las mediciones se realizarán de ión nitratos en los siguientes punto: 1, 2, 4 y 11 una vez por semana.

e. Alcalinidad

La medición de alcalinidad será por el método titulación, de alcalinidad fenolftaleína y anaranjado de metilo. El método está basado con las referencias de Standard Methods for examination of water and Wastewater, AWWA 1992.

Los puntos de muestreo son: 1, 2, 3 y 4 debiendo medirse ocasionalmente.

f. Aceites y grasas

Los aceites y grasas se encuentran en cantidades considerables en las aguas servidas, el método a seguir para su determinación es empírico gravimétrico, las muestras se acidifican para hidrolizar los jabones metálicos solubles y filtradas, el residuo es colocado en el extractor Soxhlet con contenido de solvente de Hexano.

El método está basado con las referencias de Standard Methods for examination of water and Wastewater, 19th Edición, 1995.

Los puntos de muestreo son : 1, 3 y 11 debiendo medirse ocasionalmente (ver gráfico).

g. Fosfatos ($P-PO_4^{-3}$)(mg/l)

La determinación se realizará según los manuales del fabricante del Espectrofotómetro en el Laboratorio Quicapata.

Los puntos de muestreo son : 1, 2, 3 y 11 debiendo medirse una vez por semana (ver gráfico).

h. Sulfatos (SO_4^{-2})(mg/l)

Para su determinación se empleará el método turbidímetro. El método está basado en las referencias de Standard Methods for examination of water and Wastewater, AWWA, 1992.

Los puntos de muestreo son : 1 y 11 debiendo medirse ocasionalmente (ver gráfico).

6.2.3.- Parámetros microbiológicos

a. Coliformes totales

El organismo coliforme es empleado como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y más fácil de comprobar. Los coliformes indican la posible presencia de patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos del origen del tracto intestinal humano. Para el uso de riego el análisis de los coliformes totales es recomendado. Para el análisis de los Coliformes totales en NMP/100 ml están recomendados los métodos de la Estimación de las densidades de coliformes con la utilización de medios líquidos o sólidos – véase en “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th Edition 1995”. Metcalf & Eddy – Ingeniería de aguas residuales” u otra literatura adecuada.

Los puntos de muestreo son: 1, 5 y 11 debiendo medirse una vez por semana; 3, 6, 7, 8, 9, 10 ocasionalmente (ver gráfico).

b. Coliformes fecales

Si la desinfección de las aguas residuales está previsto (por ejemplo en el caso que los efluentes serán descargados a un cuerpo receptor que servirá para bañarse) el análisis de los coliformes fecales es requerido por su relación con el patógeno *Escherichia coli*.

Para el análisis de los Coliformes fecales en NMP/100 ml están recomendados los métodos de la Estimación de las densidades de coliformes con la utilización de medios líquidos o sólidos - véase en “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th Edition 1995”. Metcalf & Eddy – Ingeniería de aguas residuales” u otra literatura adecuada.

Los puntos de muestreo son : 1, 5 y 11 debiendo medirse una vez por semana; 3, 6, 7, 8, 9, 10 ocasionalmente (ver gráfico).

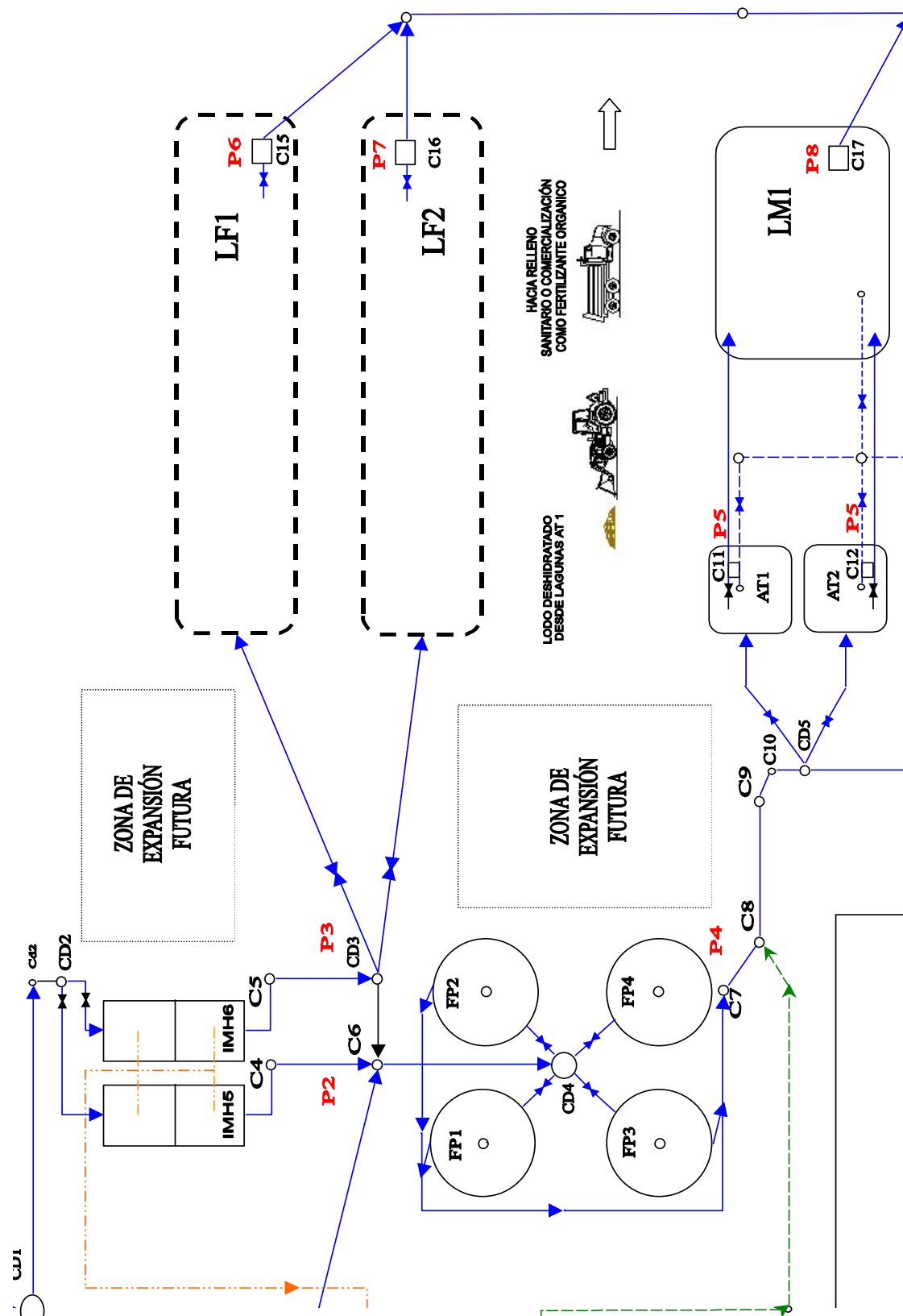


Gráfico N° 6.1

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se evidencia que la explosión demográfica experimentada por la ciudad de Ayacucho (2000 al 2005), ha traído consigo condiciones de funcionamiento no previstas en la etapa de rehabilitación, de la planta de tratamiento de aguas servidas Totorá, que fijó en una primera etapa su horizonte al 2014, y que en la actualidad existe ya una sobrecarga de material orgánica (DBO) que necesita ser tratada.
- Del análisis realizado en la etapa de funcionamiento de las dos unidades depurativas más importantes como son el Tanque Presedimentador IMHOFF y el FILTRO PERCOLADOR, se demuestra que es este último, es quien tiene mayor capacidad para tratar carga orgánica.
- Se concluye que en la actualidad se hace necesario la ampliación de un Filtro Percolador, la misma que se ha calculado en cuanto a su dimensionamiento y capacidad depurativa por lo que se pone a consideración de la Entidad Prestadora de Saneamiento (EPSASA), su desarrollo.
- Referente al equipo rotativo se ha usado como parámetro la firma GEIGER (Alemania), especialistas en la fabricación de estos elementos rotativos mecánicos que funcionan por carga hidráulica.
- Con relación a la cantidad de coliformes fecales que la dirección de salud de Ayacucho determinó por encima de lo permisible cabe indicar que existe dentro del horizonte 2014, la implementación de una caseta de cloración permanente, lo que hace difícil que esto sea una realidad es el excesivo costo de operación y mantenimiento (Por el Insumo CLORO).
- Cabe indicar que técnicamente, la construcción de un filtro percolador es mucho más sencilla y económica en comparación al Tanque Imhoff, lo que encarece la estructura es el tipo de equipo mecánico que requiere esta estructura (Rociador Rotativo), en cuanto al relleno cabe indicar que dicho material es propia de la zona (piedra pómez).
- Finalmente se ha elaborado un plan de monitoreo para la PTAS Totorá, la misma que debe de ser implementada y desarrollada con mayor detalle por la EPSASA y ponerla en funcionamiento permanentemente.
- Para la utilización de este tipo de estructura se deberá realizar un análisis de las condiciones climáticas del lugar donde se pretende implantar como solución, debiendo ser esta con similares características a las de la ciudad de Ayacucho.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la EPSASA, implementar el diseño propuesto en el presente trabajo, la misma que debe de ser verificada en cuanto al dimensionamiento estructural y la disponibilidad del terreno (estudios geológicos).
- Para el material de relleno dado que la cantera analizada esta siendo poblada se recomienda que dicha explotación o acopio se realice de forma artesanal, para evitar conflictos sociales, daños a la propiedad privada, modificar el medio ambiente y el depredamiento de las futuras urbanizaciones que se vienen desarrollando en dicha zona (Cantera Quicapata). Analizar otras canteras a mayor distancia las mismas que si existen como es el caso de la cantera Huatastas y Huascahura.
- Es importante resaltar que este tipo de relleno mineral (Piedra Pómez), es un excelente filtro y su utilización va a depender de su disponibilidad en la zona, caso contrario se debe de diseñar con la utilización de piedra de río o relleno artificial que resultarían muy costosos para la dimensión planteada del filtro, es decir me limita en cuanto a su dimensionamiento.
- Implementar con urgencia un tratamiento terciario de los efluentes, para tratar la cantidad de coliformes fecales que a la fecha se vienen registrando, la misma que la dirección de salud viene advirtiendo, se recomienda la puesta en operación de la laguna de cloración.
- Se recomienda que para el suministro de los equipos importados se requiere la asesoría de personal especializado en cuando a su instalación y puesta en marcha.
- Se recomienda a la EPSASA en base al presente trabajo realizar un análisis más somero de los problemas que se advierten para proponer la mejor alternativa de solución.
- Se recomienda a la EPSASA, implementar de manera permanente el plan de monitoreo que se propone en el desarrollo del presente trabajo.
- Finalmente se recomienda difundir esta tecnología dentro de la currícula de la escuela profesional académica de Ingeniería Mecánica de Fluidos, por considerarla de interés nacional y con un gran campo de desarrollo.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ASANO, T. (2005) La recuperación de las aguas residuales municipales como nuevo recurso hídrico. Actas jornadas intern.: Editorial: Agua horizonte, Murcia España.
- 2.- ANSOLA, G. & DE LUIS, E. (1994). Concentración de nutrientes en halófitos acuáticos utilizados en depuración de agua residual. Editorial: Limnetica. España.
- 3.- CASTRO, M; SAENZ F (1990). Evaluación de los riesgos para la salud, por el uso de las aguas residuales en agricultura. Lima, CEPIS.
- 4.- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE - CEPIS (1998) Revista para la toma de muestra de aguas para análisis Químico y microbiológico. Laboratorio OMS. OPS, CEPIS – Lima.
- 5.- CEPIS (1991) Manual de disposición de aguas residuales, Lima. CEPIS, Tomo I. New York. Editorial Springer – Verlag.
- 6.- GONZALES J. Seminario taller de aguas servidas. Ayacucho. EPSASA.
- 7.- METCALF Y EDY (1996) Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido, y reutilización. Vol. I 3ra edición editorial empresa S.A. España.
- 8.- MOSCOSO C, J. FLOREZ, M. A. (1991). Rehuso en Acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan, Sección I: Resumen ejecutivo. Lima. – CEPIS.
- 9.- OMS (1989). Directrices Sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra, serie de informes técnicos, 778.
- 10.- RAMOS C. (1998) El uso de aguas residuales en riegos localizados y en cultivos hidropónicos. Instituto Valenciano de investigaciones agrarias. Valencia – España.
- 11.- ROMERO J. (1994) Acuitratamiento Biológico de las aguas residuales. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.
- 12.- RODIER J. (1981) Análisis de aguas. Barcelona, Editorial Omega S.A.
- 13.- CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH (2002). Proyecto de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Ayacucho. Fase de Diseño Definitivo. Memoria Descriptiva. Ayacucho, Perú.
- 14.- Guijarro, L. (2002). Manual de Operación y Mantenimiento. Tecnología Anaeróbica. EMSABA. Babahoyo, Ecuador.

CAPITULO IX

ANEXOS

- 9.1 PLANOS DE DISEÑO FILTRO PERCOLADOR**
- 9.2 PANEL FOTOGRAFICO PTAS TOTORA**
- 9.3 INFORME DE DIGESA**